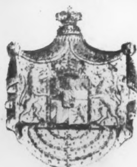
Digitized by Google



<36602823360013

Johann Samuel Traugott Gehler's

Physikalisches

Wörterbuch

neu bearbeitet

von

Brandes. Gmelin. Littrow. Muncke. Pfaff.

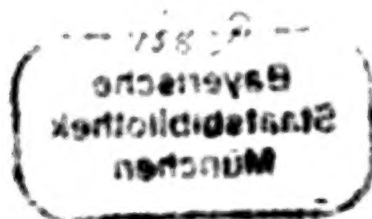
Sechster Band.

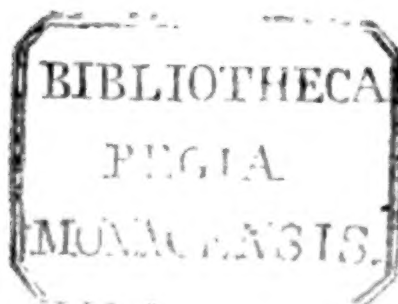
Dritte Abtheilung.

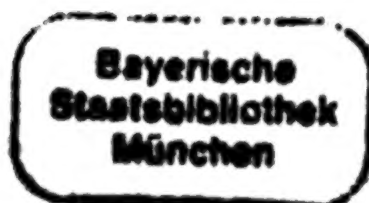
Me —— My.

Mit Kupfertafeln XXVII bis XLIII.

Leipzig,
bei E. B. Schwickert.
1837.







Physikalisches Wörterbuch

VI. Band.

Dritte Abtheilung.

Me —— My.

Mechanik.

Mechanica, Mécanique; *Mechanics*.

Die Lehre von dem Gleichgewichte und der Bewegung der Körper. Die erste Abtheilung dieser Wissenschaft oder die Lehre vom Gleichgewichte, wird *Statik*, die zweite aber oder die Theorie der Bewegung, wird *Dynamik* genannt. Ausserdem unterscheidet man diese Zweige in Beziehung der ihnen zum Grunde liegenden Körper. Für feste Körper jeder Art werden die zwei erwähnten Benennungen, ohne weiteren Zusatz, beibehalten; für tropfbar flüssige Körper wird die Lehre ihres Gleichgewichts *Hydrostatik* und die ihrer Bewegung *Hydrodynamik* genannt, für luftförmige aber oder expansibele bedient man sich der Ausdrücke: *Aërostatik* und *Aerodynamik*, oder *Pneumatik*, und für beide *Aërometrie*. Eine eigene Abtheilung der Mechanik bildet endlich die Lehre von den verschiedenen Instrumenten, die man zur Erzeugung von Bewegungen für verschiedene Zwecke aufgestellt hat, die *Maschinenlehre*.

Nur diese letzte Abtheilung der allgemeinen Mechanik scheinen die Alten bereits näher gekannt und selbst, auf praktischem Wege wenigstens, beträchtlich ausgebildet zu haben; die übrigen Theile aber, die eigentliche Theorie der Wissenschaft, besonders die der Dynamik, ist ihnen gröſstentheils fremd geblieben, und diese gehört daher den neuern Zeiten an. Daſs die Alten, auch ohne diese Theorie, schon sehr sinn- und kunstreiche Instrumente ausgeführt haben, ist uns aus ihren Schriften, vorzüglich aus Vitruv's zehntem Buche bekannt, wo eine groſse Anzahl sehr zusammengesetzter Maschinen anfgezählt wird, die zu des Verfassers Zeiten und wahrscheinlich auch schon lange vorher allgemein bekannt waren. Die groſsen Steinmassen und Säulen, welche die Architecten des berühmten Tempels der Diana zu Ephesus, Cte-

Siphon und Metagenes, aus sehr entfernten Steinbrüchen holen liefsen; die noch gröfsern Lasten, welche die alten Aegyptier zur Errichtung ihrer Pyramiden auf so bedeutende Höhen zu bringen wufsten; die colossalen Gebäude der Römer, ihre Porticus, Bäder und Wasserleitungen, deren weitgespannte Bogen über Flüsse und Thäler wegsetzten, diese und so viele andere Denkmäler des Alterthums sind uns hinlängliche Zeugen, dafs die eigentliche Instrumental-Mechanik schon in frühen Zeiten zu einer grofsen Vollkommenheit gebracht seyn mufste, der eigentlichen Maschinen, deren sie sich zu jenen Zwecken bedienten, hier nicht zu erwähnen, wie z. B. ihrer für Belagerungen bestimmten Katapulten, Skorpionen, Ballisten u. dgl.

Aber so weit sie auch in diesem Zweige der Wissenschaft, der mehr der *praktischen Mechanik* angehört, vorgeschritten seyn mochten, in der *Theorie* derselben blieben sie weit hinter denjenigen Leistungen zurück, durch welche sie sich in dem Gebiete der mathematischen Speculationen, welche auch die Basis der theoretischen Mechanik bilden, durch ihren oft bewunderungswürdigen Scharfsinn ausgezeichnet haben. Die Philosophen der Griechen, zu welchen man, im weitesten Sinne des Wortes, auch ihre Mathematiker rechnen darf, hatten selbst in ihrer schönsten Periode, zur Zeit des Plato und Aristoteles, von der gesammten Mechanik, als Wissenschaft, nur sehr unvollkommene Begriffe. Erst hundert und funfzig Jahre nach jener Epoche (250 vor Chr. G.) erschien Archimedes, der erste Geometer seiner und vielleicht aller Zeiten, und lehrte uns den Grund des Gleichgewichts am Hebel kennen, wodurch er zugleich die Basis der neuen Wissenschaft, der *Statik*, aufstellte. Er zeigte, dafs der Hebel im Gleichgewichte sey, wenn die beiden Gewichte desselben sich verkehrt, wie ihre Entfernung vom Ruhepuncte, verhalten. Aus diesem ersten Keime ist später die ganze Wissenschaft erwachsen, die wir jetzt unter dem Namen der Statik begreifen. Die zwei auf uns gekommenen Werke des Archimedes über diesen Gegenstand führen die Aufschrift: *De Aequiponderantibus* und *de Planorum aequilibriis*, und sie sind zugleich die einzigen, welche wir von den Alten über die Mechanik überhaupt besitzen. Denn seine Nachfolger unter den Griechen verdienen kaum den Namen seiner Com-

mentatoren, und die Römer haben, wie überhaupt in der ganzen Mathematik, so auch in diesem Theile ihrer Anwendung, auch nicht einen ausgezeichneten Mann hervorgebracht.

Archimedes begnügte sich aber nicht, blofs den Grund zu der neuen Wissenschaft gelegt zu haben; er suchte sie vielmehr in manchen ihrer Theile weiter auszubilden. Das Princip des durch zwei Kräfte bewegten Hebels führte ihn auch auf die Theorie des Gleichgewichts mehrerer Kräfte unter einander, auf das eines Systems mehrerer körperlichen Puncte, auf das eines gröſsern Körpers von gegebener Gestalt, und dadurch unmittelbar auch auf die Lehre vom *Schwerpuncte* der Linien, Flächen und Körper. Seine Untersuchungen vom Schwerpuncte des Dreiecks, des Trapez und der Parabel gehören zu den schönsten dieser Art, die uns aus den älteren Zeiten aufbewahrt worden sind. Ebenso verdankt man ihm die erste Theorie des Flaschenzugs, der Schraube, der schiefen Ebene u. f.

Die Neueren haben dieses Princip des Gleichgewichts am Hebel bis zum Anfang des 18. Jahrhunderts als die Grundlage der Statik beibehalten, obschon sie an dem Beweise desselben mancherlei zu ändern suchten. Stevin und Galilei, beide im 17. Jahrhundert, suchten den archimedischen Beweis einfacher zu machen; Huygens wollte eine wesentliche Lücke in jenem Beweise ausfüllen[1] und selbst Lagrange[2] hatte noch einige Verbesserungen nachzutragen. Aber, abgesehn von diesem Beweise des Princips der Statik, das, als solches, vielleicht keines eigentlichen Beweises bedarf, erbaute man darauf, als auf einem sicheren Grunde, das Gebäude der Wissenschaft selbst, wie denn auch in der That dieses Princip hinreicht, alle Probleme der Statik aufzulösen. Doch wurde dieses Gebäude nicht eben methodisch errichtet, sondern nur nach und nach in einzelnen Parthien ausgeführt, die man dann erst später in ein systematisches Ganze zu ordnen suchte, ein Verfahren, das wohl in allen Wissenschaften, ihrer Natur und der des menschlichen Geistes gemäſs, befolgt werden muſste. Es wird nicht unangemessen seyn, dieses allmälige Fortschrei-

---

1 Mém. de l'Acad. de Paris 1693.

2 Mécanique analytique. Par. 1811. p. 4. Vergl. Art. *Hebel* Bd. V. S. 160.

ten der Ausbildung dieser Wissenschaft hier kurz verzeichnet zu finden, um einen neuen Beweis der alten Wahrheit zu erhalten, dafs die Kenntnisse, deren wir uns jetzt rühmen können, sich nur sehr langsam und auf eine Weise entwickelt haben, auf die wir nicht eben sehr stolz zu seyn Ursache haben.

I. Kurze Geschichte der Statik.

Eines der ersten Probleme, welches die Geometer nach dem Wiederaufleben der Wissenschaften in Europa beschäftigte, war das von der *schiefen Ebene*. Stevin aus Brügge († 1633) hat die erste Auflösung dieses Problems gegeben, aber sie ist auf indirecte und von der Theorie des Hebels unabhängige Betrachtungen gegründet. Er wurde dadurch auf die Bedingung des Gleichgewichts zwischen drei auf einen einzigen Punct gerichteten Kräften geführt, eine Entdeckung von dem gröfsten Gewichte für die Wissenschaft, da sie unmittelbar das bekannte Parallelogramm der Kräfte in sich schloss. Allein Stevin[1] erkannte die Wahrheit seines Satzes nur für den speciellen Fall, wo die Richtungen von zweien dieser drei Kräfte auf einander senkrecht stehen, und er bemerkte überhaupt nicht die Wichtigkeit und grofse Fruchtbarkeit dieses Satzes, der erst späterhin sich zu der Würde eines neuen Princips der Wissenschaft erhoben hat.

Der berühmte Galilei († 1642) gründete seine im J. 1592 erschienene „Statik" auf das neue Princip, dafs dieselbe Kraft erfordert wird, einen Körper auf eine gewisse Höhe zu bringen, als einen n mal so schweren Körper auf den nten Theil jener Höhe zu erheben. Daraus folgte sofort, dafs bei je zwei im Gleichgewichte stehenden Körpern die darauf wirkenden Kräfte sich wie verkehrt die Räume verhalten müssen, die sie in gleichen Zeiten zu durchlaufen sich bestreben. So ist z. B. bei der Schraube, wo die Last um die Höhe eines Schraubenganges steigt, während die Kraft in horizontaler Richtung die ganze Peripherie des Kreises durchläuft, die Last zur Kraft, wie diese Peripherie zur Höhe jenes Schraubenganges.

---

1 Oeuvres mathem. 1605. Lat. von W. Snell 1608. und die Ausgabe von A. Girard. Leid. 1634. IV. T. fol.

Wenige Jahre vor seinem Tode kam GALILEI wieder auf diesen Gegenstand zurück, und leitete den Beweis für die schiefe Ebene aus dem für den Hebel ab, wodurch er die Abhängigkeit beider Probleme von einander zeigte. Er glaubte damit der Wissenschaft einen wesentlichen Dienst erwiesen zu haben, indem er Einheit in sie brachte. Allein er bemerkte nicht, dafs sein bereits erwähntes Princip des Verhältnisses der Kräfte zu den durchlaufenen Räumen viel allgemeiner sey, als jedes der beiden vorhergehenden. Dieses Princip, welches später unter der Benennung des Princips der virtuellen Geschwindigkeiten bekannt geworden ist, wurde selbst schon ein Jahrhundert früher, von GUIDO UBALDI[1] deutlich ausgesprochen, aber UBALDI schien die Fruchtbarkeit und Wichtigkeit seiner Erfindung nicht zu ahnen, indem er dieselbe nur in dem Gleichgewichte des Hebels und des Flaschenzugs erkannte, aber auf keine derjenigen Maschinen anzuwenden suchte, die in jenen Zeiten den eigentlichen Gegenstand der Statik bildeten, als die Schraube, der Keil, die schiefe Fläche u. s. w. GALILEI zeigte allerdings die Anwendung seines Princips auf die letztgenannten Maschinen, und er betrachtete dasselbe sogar ausdrücklich als ein allgemeines Gesetz der Statik, wie man in seiner „Mechanik" und in dem dritten seiner „Dialogen"[2] sieht. Später benutzte DESCARTES[3] dasselbe von UBALDI oder von GALILEI aufgestellte Princip, um daraus das Gleichgewicht aller damals bekannten einfachen Maschinen zu erklären, aber ohne dabei seiner Vorgänger zu erwähnen, wie er es auch mit dem von SNELLIUS entdeckten Refractionsgesetze gemacht zu haben scheint. Aber auch er scheint die Allgemeinheit dieses Princips keineswegs nach dem ganzen Werthe desselben anerkannt zu haben. Uebrigens mufs bemerkt werden, dafs die Auflösung des Problems von der schiefen Ebene durch GALILEI nur für den Fall gegeben worden ist, wo die Richtung der die Last zurückhaltenden Kraft mit der schiefen Ebene selbst parallel ist; die allgemeine Auflösung, wenn diese Richtung eine willkürliche ist, wurde erst später von ROBERVAL in einer Schrift gegeben, die im J.

1 Mecanicorum Liber. Pesaro 1577.
2 Ausgabe von 1655. Bologna.
3 Explication des machines et engines.

1636 in Mersenne's Harmonie universelle abgedruckt worden ist. Seit Roberval's Zeiten, der im J. 1675 starb, wurde, bis zur Entdeckung des Parallelogramms der Kräfte, nichts Wesentliches für die Erweiterung der Statik geleistet.

Es wurde bereits oben gesagt, daſs schon Stevin dieser Entdeckung sehr nahe gekommen war, daſs er aber die Wichtigkeit derselben nicht erkannte. Dasselbe läſst sich auch von Galilei sagen, der bei seiner Erklärung der Bahn, welche schief geworfene Körper im freien Raume beschreiben, wozu er sich bereits der Zerlegung der Kräfte bediente, aber ohne die Anwendbarkeit dieses Princips auf andere ähnliche Untersuchungen auch nur anzudeuten. Varignon[1] († 1722) scheint der erste gewesen zu seyn, der dieses Princip zur Grundlage seiner Mechanik gemacht hat.

Der Beifall, den diese Schrift erhielt, bewog ihn, die Anwendung seines Princips und die groſse Fruchtbarkeit desselben in einem gröſsern Werke zu zeigen, an welchem er mehr als dreiſsig Jahre eifrig gearbeitet hat. Dieses Werk[2] erschien drei Jahre nach seinem Tode. Er legte diesem weitläuftigen und durch die Menge seiner oft kleinlichen Bemerkungen nur mühsam zu lesenden Werke noch eine kleinere Schrift als Anhang bei, in welcher er über das *Princip der virtuellen Geschwindigkeiten*, das ihm durch Joh. Bernoulli bekannt geworden war, sich umständlich genug zu verbreiten suchte, aber, wie es scheint, ohne den groſsen Werth desselben gehörig zu schätzen. Dieser Grundsatz der Zerlegung der Kräfte besteht bekanntlich darin, daſs, wenn zwei Kräfte auf einen Punct so wirken, daſs der Punct bloſs vermöge der einen Kraft die eine, und vermöge der andern Kraft die andere Seite eines Parallelogramms durchlaufen würde, diesen beiden Kräften eine dritte substituirt werden kann, vermöge welcher der Punct die Diagonale dieses Parallelogramms in derselben Zeit zurücklegt und umgekehrt. Es war leicht, das, was hier von einem Parallelogramm gesagt wurde, auch auf ein Parallelopipedum fortzuführen und so jede gegebene Kraft auf drei andere zu bringen und umgekehrt.

---

1 Projet d'une nouvelle mécanique. Par. 1687.

2 Nouvelle Mécanique. Par. 1725.

Dieser äufserst wichtige Satz war nicht nur, wie bereits erwähnt, dem Stevin und Galilei bekannt, sondern selbst die alten Griechen haben ihn gekannt, und bei besondern Gelegenheiten angewendet. Die sogenannten *Quaestiones mechanicae* des Aristoteles sind zwar im Allgemeinen von sehr geringem Werthe, wie er denn z. B. die Erscheinungen des Hebels aus den wunderbaren Eigenschaften des Kreises ableiten will, aber dessen ungeachtet wird von ihm das Gesetz der Zerlegung der Kräfte, sowie das von den virtuellen Geschwindigkeiten bereits angegeben, ohne jedoch, wie es scheint, die Wichtigkeit desselben einzusehen. Auch bedienten sich die Geometer desselben Gesetzes zur Beschreibung der krummen Linien, wie Archimedes für die Spiralen, Nicomedes für die Muschellinie u. s. w. Auch unter den Neueren hat der bereits erwähnte Roberval, einer der ersten Begründer der Differentialrechnung, seine Methode, Tangenten an krumme Linien zu ziehen, ganz auf dieses Gesetz gebaut. Galilei aber hat es in seinen berühmten Dialogen zuerst auf die Mechanik angewendet, um dadurch die Bahn der schief gegen den Horizont geworfenen Körper zu bestimmen, sowie endlich Varignon es zuerst in die Wissenschaft, als Basis derselben, eingeführt hat.

Die Einfachheit dieses Princips und die Leichtigkeit seiner Anwendung auf alle Probleme des Gleichgewichts verschaffte demselben bald einen allgemeinen Eingang. In der That sind auch alle Abhandlungen, die seit Varignon's Schrift erschienen, auf dieses Princip gebauet, die Mechanik des Lagrange allein ausgenommen, die übrigens auch beinahe auf jeder Seite davon Gebrauch macht. Man hat es seitdem auf verschiedene Weise zu beweisen gesucht. Newton absolvirt die Sache mit wenig Worten in der Einleitung zu seinen Principien, und vielleicht mit Recht, da ein Princip, als solches, keines eigentlichen Beweises bedarf. Allein andere waren der Ansicht, dafs der durch dieses Princip aufgestellte Satz nicht schon an und für sich einleuchte, und daher eines Beweises nicht entbehren könne. Daniel Bernoulli gab zuerst einen solchen und zwar einen sehr sinnreichen, aber auch langen und zusammengesetzten [1]. Ihn suchte nachher d'Alembert in

1 Commentarii Soc. Petrop. T. I.

dem ersten Theile seiner Opuscules zu vereinfachen. Diese Darstellung hat man später durch die Sprache der mathematischen Analysis mannigfaltig auszudrücken gesucht[1].

Erst in den neuern Zeiten hat man die Bemerkung gemacht, dafs das Princip der *virtuellen Geschwindigkeiten*, das übrigens, wie bereits gesagt, schon längst bekannt war, nicht nur jene beiden, das vom Hebel und von der Zerlegung der Kräfte in sich begreife, sondern dafs es zugleich von einer Einfachheit der Anwendung und von einer Allgemeinheit der Darstellung sey, deren sich wohl kein anderes zu rühmen im Stande seyn wird. Die Einführung dieses Princips in die Wissenschaft und, was noch mehr ist, die Errichtung des ganzen wissenschaftlichen Gebäudes auf dieser Basis verdanken wir dem berühmten Geometer LAGRANGE, der dadurch der Mechanik nicht nur eine neue, sondern auch zugleich die letzte Gestalt gegeben hat, da es unmöglich scheint, sie noch allgemeiner und einfacher zugleich zu behandeln. Durch ihn ist die ganze Mechanik im Grunde auf eine einzige Formel zurückgeführt worden, deren blofse Entwickelung, die nur Sache der reinen Analysis ist, die Auflösung aller Probleme erhält, die man in der Mechanik aufstellen kann[2].

Man nennt virtuelle Geschwindigkeit eines Körpers den Weg, welchen ein im Gleichgewichte befindlicher Körper vermöge einer auf ihn wirkenden Kraft, im ersten Augenblicke, wo dieses Gleichgewicht aufgehoben wird, nach der Richtung dieser Kraft, beschreiben würde. Das erwähnte Princip der virtuellen Geschwindigkeit aber besteht darin, dafs, wenn mehrere Kräfte auf ein wie immer verbundenes System von Körpern wirken, in diesem Systeme Gleichgewicht bestehn wird, wenn die Summe der Producte jeder Kraft in seine virtuelle Geschwindigkeit gleich Null ist. Um dieses bildlich darzu-
Fig. 245. stellen, seyen OX, OY und OZ drei unter sich senkrechte, fixe Gerade, auf welche wir, als auf Coordinatenaxen, alle übrige Puncte des Raumes auf die den Geometern gewöhnliche Weise beziehen wollen. Man denke sich mehrere körper-

1 S. Melanges de la Société de Turin. T. II. Mém. de la Soc. de Par. 1769. Vergl. POISSON Traité de Mécanique u. a.

2 Mécanique analytique par J. L. LAGRANGE Nouv. edit. Par. 1811.

liche Puncte m, m', m''.. im Raume zerstreut, die auf irgend eine Art, durch Fäden, Stangen u. dgl., mit einander verbunden sind, und deren System, wenn die Entfernungen dieser Puncte unendlich klein angenommen werden, auch irgend einen Körper von gegebener Gestalt vorstellen kann. Auf den ersten dieser Puncte m wirke die Kraft P nach der Richtung mA; auf den zweiten Punct m' die Kraft P' nach $m'A'$; auf den dritten Punct m'' die Kraft P'' nach der Richtung $m''A''$ u. s. w.

Wenn nun, vermöge der Wirkung aller dieser Kräfte P, P', P'' auf das System das Gleichgewicht, in welchem dieses System vor der Wirkung dieser Kräfte gestanden hat, gestört wird, so werden durch diese Störung, die Puncte $m, m' m''$... des Systems sich, jeder auf seine Weise, zu bewegen anfangen. Nehmen wir an, der erste Punct m bewege sich in dem ersten Augenblicke nach jener Störung durch den kleinen Weg mn, der zweite m' durch den Weg $m'n'$, der dritte m'' durch den Weg $m''n''$ u. s. w., fället man dann von den Endpuncten n, n', n''.. dieser Wege, in den Ebenen der Linien mA, mn und $m'A'$, $m'n'$ und $m''A''$, $m''n''$.. die senkrechten Linien na, $n'a'$, $n''a''$.. auf die Richtungen mA, $m'A'$, $m''A''$.... jener Kräfte, so sind die unendlich kleinen Linien

$$ma = dp,\ m'a' = dp',\ m''a'' = dp''..$$

die Projectionen jener Wege mn, $m'n'$, $m''n''$..... auf die Richtungen der Kräfte oder ma, $m'a'$, $m''a''$.... sind jene Wege selbst, aber nach den Richtungen dieser Kräfte zerlegt, d. h. nach den oben gegebenen Erklärungen die Gröfsen ma, $m'a'$, $m''a''$.. oder die Gröfsen dp, $d'p'$, $d''p''$.... sind die *virtuellen Geschwindigkeiten* der Puncte m, m', m''.... Soll daher, nach dem erwähnten Princip der virtuellen Geschwindigkeiten, das Gleichgewicht dieses Systems durch die Einwirkung der Kräfte P, P', P''.... nicht gestört werden, oder, dieser Wirkung ungeachtet, auch noch ferner bestehen, so muſs der Bedingungsgleichung genug geschehn:

$$Pdp + P'dp' + P''dp'' + \ldots = 0 \ldots (A)$$

und dieser Ausdruck enthält im Grunde die Auflösung aller statischen Probleme.

Man sieht aus dieser kurzen Darstellung die Einfachheit und zugleich die Allgemeinheit des Verfahrens. Eine weitere Auseinandersetzung desselben findet man in der bereits oben

erwähnten Méc. anal. von Lagrange, in einem Werke, das vielleicht das erste und vorzüglichste ist, welches das verflossene Jahrhundert (denn nach der ersten Auflage von d. J. 1788 gehört es noch in dasselbe) hervorgebracht hat, und das wahrscheinlich erst unsere Nachfolger vollkommen verstehn und nach seinem ganzen Werthe würdigen werden.

Man hat seit dem Anfange des 18. Jahrhunderts auch wohl noch manches andere Princip der Statik aufgestellt. So hat schon Torricelli, der Schüler Galilei's, die Statik aus dem Grundsatze abzuleiten gesucht, dafs zwei unter einander verbundene Gewichte im Gleichgewichte sind, wenn ihre Schwerpuncte sich weder auf- noch abwärts bewegen können, woraus sich allerdings die Theorie aller einfachen, und somit auch aller aus ihnen zusammengesetzten Maschinen ableiten läfst. Maupertuis hat[1] das sogenannte *Gesetz der Ruhe* als Princip der Statik aufgestellt. Dieses Gesetz, das später von L. Euler[2] weiter entwickelt wurde, ist aber aus dem Principe der virtuellen Geschwindigkeiten entstanden, mit dem es im Grunde identisch ist. Dasselbe ist der Fall mit dem von Courtivron[3] gegebenen Princip. Lagrange selbst hat früher das sogenannte *Princip der kleinsten Wirkung* als Basis der Mechanik angenommen, aber auch daraus sofort dieselben Ausdrücke abgeleitet, die eben unmittelbar aus dem Principe der virtuellen Geschwindigkeiten gefunden worden sind.

Immer aber bleibt, wie schon oben erwähnt, dem Johann Bernoulli das Verdienst, den Nutzen und die Allgemeinheit dieses Princips der virtuellen Geschwindigkeiten zuerst anerkannt, und dem Lagrange das vielleicht noch gröfsere, es auf eine so vorzügliche Weise angewendet, und durch alle Theile der Wissenschaft durchgeführt zu haben. Fortan mufs jedes gute Werk über Mechanik den Weg gehn, der ihm von der Mécanique analytique vorgezeichnet worden ist.

Ehe wir diese allgemeinen Betrachtungen über die Entstehung und allmälige Ausbildung der Statik fester Körper verlassen, wird es angemessen seyn, auch noch einige Worte

1 Mém. de Par. 1740.
2 Mém. de la Soc. de Berlin. 1751.
3 Mém. de Paris. 1748. u. 1749.

über die Hydrostatik hinzuzufügen, die einen wesentlichen Theil der allgemeinen Statik ausmacht.

Auch hier verdanken wir dem groſsen Archimedes die ersten Grundlagen dieser Wissenschaft. Sein Werk: *de insidentibus humido* oder, wie Tartalea in seiner verbesserten Ausgabe es nennt, *de iis, quae vehuntur in aqua*, ist eines der schätzbarsten Reste, die wir von dem Alterthume ererbt haben. Er setzt darin voraus, daſs diejenigen Theile einer Flüssigkeit, die einem geringern Drucke ausgesetzt sind, von den stärker gedrückten bewegt, oder aus ihrer Stelle getrieben werden; daſs jeder Theil durch das ganze Gewicht der senkrecht über ihm stehenden Säule der Flüssigkeit gedrückt werde, und daſs endlich jeder aufwärts gedrückte Theil immer nach der Richtung der senkrechten, durch den Schwerpunct dieses Theiles gehenden Linie gedrückt werde. Aus diesen Prämissen zieht er den Schluss, daſs die Oberfläche einer jeden gegen die Erde schweren Flüssigkeit, im Zustande des Gleichgewichts, die Gestalt einer Kugel haben müsse; daſs ein Körper, dessen Gewicht dem eines ebenso groſsen Volumens Wasser gleich ist, ganz in das Wasser versenkt, in jedem Puncte unter der Oberfläche desselben in Ruhe verbleiben werde; daſs im Gegentheile leichtere Körper nur so tief eintauchen, bis der eingetauchte Theil des Körpers ein Volumen des Wassers von gleichem Gewichte mit dem ganzen Körper einnimmt. Er bestimmt dann die Gesetze des Gleichgewichts der auf dem Wasser oder auf jeder Flüssigkeit schwimmenden Körper, und findet, daſs ein Kugelabschnitt eines Körpers, dessen specifisches Gewicht kleiner als das des Wassers ist, sich zu seinem Gleichgewichte immer so stellen wird, daſs die Basis dieses Abschnitts horizontal zu liegen kommt. Er untersucht dann die Gesetze des Gleichgewichts solcher schwimmenden Körper, die durch Umdrehung der Kegelschnitte um geradlinige Axen entstehen und bestimmt diejenigen Fälle, wo diese Konoide auch in einer schiefen Lage im Gleichgewichte schwimmen können, wo sie bloſs in einer senkrechten Stellung schwimmen und wo sie endlich in der Flüssigkeit umstürzen und eine andere Lage annehmen müssen. Alle diese Untersuchungen sind mit seltenem Scharfsinne durchgeführt, und die Neueren, so viel vorzüglicher auch ihre Mittel seyn mögen, haben bisher nur wenig Wesentliches

zu den von ARCHIMEDES aufgestellten Resultaten hinzufügen können.

Seit ARCHIMEDES bis zu STEVIN's Zeiten oder bis gegen den Anfang des 17. Jahrhunderts, erhielt die Hydrostatik keine weitere Bereicherung. Dieser aber entdeckte das bekannte hydrostatische Paradoxon, daſs eine Flüssigkeit einen viel gröſseren Druck, als ihr eigenes Gewicht beträgt, auf den Boden des Gefäſses ausüben kann, in welchem sie eingeschlossen ist.

Dieses führte ihn auf die Bestimmung des Drucks, den das Wasser gegen die verticalen oder schiefen Wände des Gefäſses äuſsert, daſs nämlich der Druck auf eine schiefe Wandebene gleich ist dem Gewichte einer Wassersäule, deren Basis diese Wandebene und deren Höhe gleich der halben Höhe des Gefäſses ist. Indem er darauf seine Untersuchungen auch auf Gefäſse mit krummen Seitenflächen ausdehnte, fand er, daſs der Druck einer jeden schweren Flüssigkeit auf eine krumme Seitenfläche zu seinem Maſse das Gewicht einer Säule dieser Flüssigkeit hat, deren Basis die gedruckte Fläche, und deren Höhe die verticale Distanz des Schwerpunctes dieser Fläche von der Oberfläche der Flüssigkeit ist[1].

Diese Grundsätze sind offenbar von denjenigen, die oben für die Statik der festen Körper aufgestellt wurden, ganz unabhängig. Sie sind zum Theil auf bloſse Erfahrungen gebaut, die man mit den Flüssigkeiten angestellt hat. Die meisten der nachfolgenden Schriftsteller haben dieses Verfahren beibehalten, und so hat sich, bis auf unsere Tage, die Hydrostatik als eine von der Statik selbst gänzlich verschiedene und unabhängige Wissenschaft auszubilden gesucht.

Dessen ungeachtet muſste es immer wünschenswerth bleiben, diese beiden Doctrinen näher mit einander zu verbinden, und sie aus einem und demselben Princip abzuleiten. Die Natur des Gegenstandes selbst zeigte die Möglichkeit und Ausführbarkeit der Unternehmung. Offenbar läſst sich aber von allen den Principien, die wir oben für die Statik der festen Körper angeführt haben, bloſs das der virtuellen Geschwindigkeiten auf die Flüssigkeiten anwenden, da der Hebel, die schiefe Ebene, die Zerlegung der Kräfte u. s. w. den Untersuchungen

---

1 Hypomnemata Mathematica übers. von WIL. SNELLIUS. Leid. 1608.

flüssiger Körper fremd bleiben müssen. Auch hat Galilei, dem wir gleichsam die erste genauere Kenntnifs des Princips der virtuellen Geschwindigkeit verdanken, dasselbe auch zugleich der erste auf die Hydrostatik anzuwenden gesucht. In seinen Discorsi zeigt er, dafs das Gleichgewicht einer in einem zweiarmigen Heber (*sipho*) eingeschlossenen Flüssigkeit dann statt hat, wenn die Flüssigkeit in beiden Armen gleich hoch steht, aus dem Grunde, weil dann die Momente der Flüssigkeit in beiden Heberarmen gleich grofs sind. Unter *Moment* versteht er aber das Product der Kraft in die nach der Richtung dieser Kraft zerlegte Geschwindigkeit, d. h. also, die virtuelle Geschwindigkeit. Dasselbe Princip wendet er auch auf das Gleichgewicht der in der Flüssigkeit schwimmenden festen Körper an. Denselben von Galilei zuerst betretenen Weg haben auch seine Nachfolger Descartes und Pascal eingeschlagen, und der letzte hat[1] sich dieses Princips der virtuellen Geschwindigkeiten bedient, um daraus die vorzüglichste Eigenschaft der flüssigen Körper abzuleiten, dafs nämlich jeder Druck, der an irgend einem Puncte der Oberfläche der Flüssigkeit angebracht wird, sich sofort gleichförmig über alle Puncte der Flüssigkeit erstrecke.

Allein diese Versuche waren noch zu unvollkommen, um die allgemeine Ueberzeugung zu erwecken, dafs das ganze Gebäude der Hydrostatik auf diesem Grunde mit Sicherheit errichtet werden könne. Auch wurde der eingeschlagene Weg nicht weiter verfolgt, selbst von denen nicht, die vorzugsweise die Kraft in sich fühlten, dieser Wissenschaft eine neue Gestalt zu geben, oder ihre Grenzen zu erweitern.

Das berühmte Problem von der Gestalt der Erde, dieselbe anfangs als flüssig vorausgesetzt, spielte zu Ende des 17. Jahrhunderts eine grofse Rolle. Dieses Problem bezog sich in letzter Instanz auf die theoretische Bestimmung der Gestalt einer im Gleichgewichte stehenden flüssigen Masse, die heterogen, oder in verschiedenen ihrer Theile von verschiedener Dichtigkeit ist, und deren Theile alle durch gegebene Kräfte afficirt werden.

Um diese Aufgabe aufzulösen, nahm Huygens als Princip des Gleichgewichts die Perpendicularität der Schwere auf

---

1 Traité de l'équilibre des liqueurs.

der Oberfläche der Flüssigkeit an. NEWTON im Gegentheile ging von der Gleichheit der Gewichte der Centralsäulen der Flüssigkeit aus. Allein BOUGUER zeigte, dafs diese beiden Principien zuweilen auf ganz verschiedene Resultate führen, und schlofs daraus, dafs man, um die wahre Gestalt einer flüssigen, heterogenen, im Gleichgewichte stehenden Masse zu finden, beide Principien vereinigen, von beiden zugleich ausgehen müsse; CLAIRAUT aber lieferte den Beweis, dafs selbst dann, wenn beide Principien zu Hülfe genommen werden, die daraus folgende Gestalt der Flüssigkeit nicht in allen Fällen auch die geforderte Gestalt für das Gleichgewicht seyn müsse. MACLAURIN suchte das von NEWTON aufgestellte Princip allgemeiner zu machen, indem er annahm, dafs in einer im Gleichgewicht stehenden flüssigen Masse jedes Element auf gleiche Weise von allen geradlinigen Wassersäulen comprimirt werden mufs, die sich an diesem Elemente, und auf der andern Seite an der Oberfläche des Wassers, oder der Flüssigkeit überhaupt, endigen. CLAIRAUT zeigte, dafs man auch damit nicht zufrieden seyn könne und verallgemeinte das aufgestellte Princip dahin, dafs für den Zustand des Gleichgewichts einer flüssigen, heterogenen Masse die Wirkungen oder Kräfte aller Elemente dieser Masse, die in irgend einem sich an der Oberfläche endenden, oder auch in sich selbst wieder zurückkehrenden Canale eingeschlossen sind, sich gegenseitig aufheben müssen. Auf diesem letzten Wege gelang es auch dem Scharfsinne CLAIRAUT's, die wahren Fundamentalgleichungen des Gleichgewichts einer solchen flüssigen Masse aufzustellen und dadurch der Hydrostatik eine neue, wahrhaft wissenschaftliche Gestalt zu geben.

Dieses Princip CLAIRAUT's ist aber blofs eine natürliche Folge des erwähnten Princips eines nach allen Richtungen gleichen Drucks eines jeden Elements der Flüssigkeit, und man kann aus diesem ebenso gut und leichter noch, als aus jenem, die von CLAIRAUT gegebenen Fundamentalgleichungen ableiten, wie zuerst EULER[1] gezeigt hat, und wie es seitdem in allen Schriften über Hydrostatik angenommen wird, so dafs also das *Princip der Gleichheit des Drucks nach allen Richtungen* bisher als das Grundgesetz der Theorie für das Gleich-

1 Mém. de Berlin 1755.

gewicht der Flüssigkeiten angenommen wird. Dieses Princip ist zugleich das einfachste und allgemeinste, welches uns die Erfahrung bei dem im Gleichgewichte stehenden Flüssigkeiten kennen gelehrt hat.

Lagrange war es aufbehalten, zu zeigen, daſs dieses Princip nicht unumgänglich nothwendig ist, und daſs man jene Fundamentalgleichungen aus der ganz einfachen Betrachtung der Natur der Flüssigkeit selbst und unmittelbar ableiten kann, indem man nämlich jede Flüssigkeit als eine Masse von sehr losen oder lockeren, von einander unabhängigen Elementen betrachtet, die nach allen Richtungen vollkommen beweglich sind und indem man auf dieselben das oben erwähnte Princip der virtuellen Geschwindigkeiten anwendet. Dadurch wird also die Statik der festen sowohl, als auch der flüssigen Körper aus einem und demselben Princip abgeleitet. Die so lange gewünschte und, wie es scheint, so schwer zu erreichende Gleichförmigkeit der Behandlung beider Theile der Wissenschaft ist hergestellt und fortan nichts weiter mehr, als die Ausbildung der einzelnen Partien derselben zu wünschen, die gröſstentheils Sache der mathematischen Analyse ist, und die eigentliche Wissenschaft der Statik, die nur in sich abgeschlossen ist, nicht unmittelbar angeht.

II. Kurze Geschichte der Dynamik.

Die *Theorie der Bewegung* der Körper, oder die *Dynamik*, ist eine ganz den Neueren angehörende Wissenschaft. Die Alten wuſsten davon nichts, als das sehr einfache und leicht zu findende Gesetz der gleichförmigen, geradlinigen Bewegung, in welcher die zurückgelegten Räume sich wie die Producte aus den Zeiten in die Geschwindigkeiten verhalten. Sie blieb auch bis zum Anfange das 17. Jahrhunderts unbekannt, wo Galilei durch seine Entdeckung der Gesetze des freien Falls den ersten Grundstein zu dem Gebäude legte, dessen Gröſse und Schönheit wir jetzt mit Recht bewundern. Vor ihm hatte man die Körper nur im Zustande der Ruhe oder des Gleichgewichts betrachtet, und Niemand ist es eingefallen, die alltäglichen Erscheinungen, welche uns der Fall der Körper darbietet, einer nähern Untersuchung zu würdigen. Galilei hat als der erste diesen groſsen und wichtigen

Schritt gethan, und dadurch eine neue, an Entdeckungen der interessantesten Art reiche, Bahn gebrochen. Seine Entdeckung trug er in der Schrift vor: Discorsi e dimonstrazioni matematiche intorno a due nuove scienze, die zuerst im J. 1638 zu Leyden erschien.

Dieses an Umfang kleine, aber an Inhalt sehr wichtige Werk verschaffte ihm unter seinen Zeitgenossen, die den ganzen Werth desselben nicht begriffen, lange nicht den Ruhm, welchen ihm seine andern glänzenden Entdeckungen an dem gestirnten Himmel gebracht hatten, aber die gerechte Nachwelt erkennt es als das höchste unter allen den mannigfaltigen Verdiensten, die sich der seltene Mann um die Wissenschaften erworben hat. Jene, die Entdeckungen der Jupitersmonde, der Sonnenflecken, der Venusphasen u. s. w. bedurften nur des Fernrohrs und einigen Eifers im Verfolgen der Beobachtungen; diese aber bedurften einer ganz ungewöhnlichen Auffassungsgabe und eines nicht gemeinen Scharfsinns, da sie Gegenstände betrafen, die, obgleich sie alltäglich vor unsern Augen liegen, doch allen Philosophen und Naturforschern vor ihm gänzlich entgangen waren.

Galilei fand, daſs bei den über der Oberfläche der Erde frei fallenden Körpern die Geschwindigkeit wie die Zeit, und daſs der durchlaufene Raum wie das Quadrat der Zeit wächst. Er schloſs daraus, daſs die Kraft der Erde, mit welcher sie die gegen sie fallenden Körper anzieht, eine constante Kraft, d. h. eine solche ist, die dem Körper in jedem folgenden Augenblicke dasselbe Maſs von Geschwindigkeit mittheilt. Nennt man also v die Geschwindigkeit, mit welcher der fallende Körper in der Zeit t den Raum s zurücklegt, so hat man[1]

$$v = 2g.t \text{ und } s = h.t^2,$$

wo g und h constante Gröſsen bezeichnen. Indem Galilei diese Ausdrücke durch unmittelbare Experimente mit der Natur verglich, fand er, daſs die Gröſse h gleich g ist, so daſs man daher für den freien Fall den Körper hat

$$v = 2gt \text{ und } s = gt^2.$$

Man hat gefunden, daſs die Gröſse g oder daſs der Raum, den fallende Körper in der ersten Sexagesimalsecunde eines mittlern Tages zurücklegen, gleich ist

1 Vergl. *Fall.* Bd. IV. S. 1 ff.

$$g = 15.098165 + 0.08175 \text{ Sin.}^2 \varphi \text{ Par. Fufs}$$

oder

$$g = 4.90448 + 0.02645 \text{ Sin.}^2 \varphi \text{ Meter},$$

wo φ die geographische Breite des Beobachtungsorts auf der Oberfläche der Erde bezeichnet[1].

Die vorhergehenden Ausdrücke beziehen sich aber nur erstens auf eine constante Kraft und zweitens auf eine geradlinige Bewegung. Um nun zu sehen, wie man die ähnlichen Ausdrücke auch für eine veränderliche Kraft finden könne, wobei wir vorläufig die geradlinige Bewegung beibehalten, so wollen wir zuerst bemerken, dafs man, wie bereits oben erwähnt wurde, für die gleichförmige Bewegung (deren Geschwindigkeit v constant ist), den Ausdruck hat

$$s = vt \text{ oder } v = \frac{s}{t}.$$

Da man aber, nach den bekannten Grundsätzen der Differentialrechnung, auch jede andere veränderliche Bewegung, während einer unendlich kleinen Zeit, als eine gleichförmige ansehn kann, so wird der letzte Ausdruck auch für jede andere Bewegung gelten, wenn man nur die Zeit, während welcher man sie betrachtet, und also auch den in dieser Zeit durchlaufenen Raum als unendlich klein annimmt, d. h. wenn man statt t und s die Gröfse dt und ds setzt, so dafs man daher allgemein für jede Bewegung den Ausdruck hat

$$v = \frac{ds}{dt} \; . \; . \; (B).$$

Ist daher die Geschwindigkeit eines Körpers veränderlich und im Anfange irgend eines Augenblickes $v = \frac{ds}{dt}$, so wird sie im Anfange des folgenden Augenblickes $v' = v + dv$ oder $v' = \frac{ds}{dt} + d.\frac{ds}{dt}$ seyn, wo wieder dt das als constant angenommene Differential der Zeit bezeichnet.

Der erste Theil dieses Ausdrucks $\frac{ds}{dt} + d.\frac{ds}{dt}$ ist eine Folge der Trägheit des Körpers. Nach dieser allgemeinen Eigenschaft der Körper mufs nämlich jeder derselben, so lange keine äufseren Kräfte auf ihn einwirken, in demjenigen Zustande, der Ruhe oder der Bewegung, verbleiben, in welchem er eben

1 Speciellere Untersuchungen hierüber, s. Art. *Schwere.*

sich befindet. Da nun der hier betrachtete Körper im Anfange irgend einer unendlich kleinen Zeit $= dt$, der Voraussetzung gemäfs, die Geschwindigkeit $= \frac{ds}{dt}$ hat, so wird er, wenn weiter keine äufsere Einwirkung auf ihn statt hat, auch am Ende dieses Zeittheilchens noch dieselbe Geschwindigkeit $\frac{ds}{dt}$ haben, und mittelst dieser Geschwindigkeit sich auch in derselben geraden Linie fortbewegen, in welcher er schon vorher sich bewegt hat. Da aber der Körper am Ende dieses ersten Zeittheilchens, nicht blofs die frühere Geschwindigkeit $\frac{ds}{dt}$, sondern da er in der That die Geschwindigkeit $\frac{ds}{dt} + d.\frac{ds}{dt}$ hat, so mufs der zweite Theil dieses Ausdrucks, da er, eben wegen des erwähnten Princips der Trägheit seine Ursache nicht in dem Körper selbst haben kann, seinen Grund irgend wo aufser dem Körper haben. Welches nun auch dieses von aufsen kommende, den Körper in seiner Bewegung störende oder die Geschwindigkeit desselben verändernde Ding seyn mag, dessen Natur wir vielleicht nie ergründen werden, so kann es uns, zu unserm Zwecke, genügen, die Nothwendigkeit der Existenz desselben in der Veränderung der Geschwindigkeit der Körper, in dieser Veränderung selbst, als in ihrer Wirkung erkannt zu haben, und diese Wirkung, die wir allein sehen und selbst messen können, für die uns noch unbekannte Ursache, die wir mit dem Namen *Kraft* bezeichnen wollen, zu substituiren. Auch ist es in der That am einfachsten, für das Mafs, das heifst, für die *Wirkung* dieser Kraft, die Geschwindigkeit anzunehmen, welche von dieser Kraft in einer bestimmten Zeit hervorgebracht wird, d. h. die Kraft der von ihr erzeugten Geschwindigkeit proportional zu setzen, und man wird in der Folge sehn, dafs auch diese Annahme der Natur und unsern Erfahrungen vollkommen gemäfs ist.

Nach dem so eben Gesagten wird also die augenblickliche Wirkung einer Kraft gleich $d.\frac{ds}{dt}$ seyn. Es ist aber klar, dafs man diese augenblickliche Wirkung einer Kraft desto beträcht-

licher annehmen muſs, je gröſser erstens die Intensität dieser Kraft, und je gröſser ferner die Zeit ist, während welcher sie wirkt. Die augenblickliche Wirkung einer Kraft wird sich daher wie das Product ihrer Intensität p in das Element der Zeit dt verhalten, während welcher sie wirkt, oder man wird für diese augenblickliche Wirkung der Kraft, für die wir bereits oben $d.\frac{ds}{dt}$ gefunden haben, auch noch den Ausdruck $p.dt$ erhalten. Setzt man daher beide Ausdrücke einander gleich, so hat man

$$p.dt = d.\frac{ds}{dt}$$

oder auch, da man, wie gesagt, das Element der immer gleichförmig fortgehenden Zeit, oder die Gröſse dt, als constant annimmt,

$$p = \frac{d^2s}{dt^2} \dots (C).$$

Wir haben demnach, nach diesen Gleichungen, die beiden Ausdrücke

$$v = \frac{ds}{dt} \dots (B),$$

$$\text{und } p = \frac{d^2s}{dt^2} \text{ oder auch } p = \frac{dv}{dt} \dots (C),$$

das heiſst, in jeder Bewegung ist die *Geschwindigkeit* eines Körpers gleich dem Verhältnisse des Raumes ds, den er in der unendlich kleinen Zeit dt zurücklegt, zu dieser Zeit, und die *Kraft* ist gleich dem Verhältnisse der gleichzeitigen Aenderung dieses Raumes zu dem Quadrate dieser Zeit, oder kurz: die Geschwindigkeit ist das erste, und die Kraft ist das zweite Differential des Raumes in Beziehung auf die Zeit.

Diese beiden Ausdrücke enthalten die Auflösung aller Aufgaben, die man über *geradlinige* Bewegung jeder Art geben kann. Sie sind, wie man sieht, aus den beiden Grundsätzen der Mechanik abgeleitet, nach deren erstem jeder Körper, wenn keine äuſsere Kraft auf ihn wirkt, in dem Zustande verbleibt, in welchem er sich eben befindet, und nach deren zweitem eine auf den Körper wirkende äuſsere Kraft der von ihr hervorgebrachten Geschwindigkeit proportional ist. Man betrachtet diese beiden Principien als ebenso viele Naturgesetze, die

uns durch die Beobachtungen gegeben sind, oder deren Wahrheit für uns durch die Beobachtungen bestätiget wird.

Verbindet man mit diesen beiden Principien, der Trägheit der Körper und der Proportionalität der Kraft mit der Geschwindigkeit, noch das Princip der Zerlegung der Kräfte, so lassen sich, mittelst der beiden obern gegebenen Gleichungen, auch alle Probleme der Mechanik auflösen, die sich auf *krummlinige* Bewegungen beziehn, wodurch die ganze Wissenschaft, in Inhalt und Form geschlossen wird. Nach diesem letzten Principe verhalten sich nämlich verschiedene Bewegungen, die ein Körper *zu gleicher Zeit* nach mehrern Richtungen erhält, so, dafs der Körper in jedem Augenblicke in demjenigen Puncte des Raumes sich befindet, wo er sich befinden würde, wenn jede dieser Bewegungen einzeln und von den andern abgesondert, auf ihn gewirkt haben würde. Wenn also z. B. zwei Kräfte unter einem gegebenen Winkel auf einen Körper wirken, und wenn er, vermöge der ersten Kraft allein, die eine, und vermöge der andern Kraft allein, die andere Seite eines Parallelogramms, dessen zwei Seiten jenen Winkel einschliefsen, durchlaufen würde, so wird er, vermöge beider zugleich auf ihn wirkenden Kräfte, die Diagonale des mit diesen beiden Seiten construirten Parallelogramms beschreiben, und ebenso wird er, wenn drei Kräfte zugleich auf ihn wirken, die Diagonale des Parallelopipedums beschreiben, dessen Seiten die durch die einzelnen Kräfte erzeugten Wege unter den gegebenen Richtungen bezeichnen. Am einfachsten und zugleich in allen Fällen genügend ist es, diese Richtungen unter sich senkrecht anzunehmen. Wir werden weiter unten die weitere Ausführung der hier angezeigten Grundzüge der Wissenschaft mittheilen, nachdem wir die beabsichtigte kurze Geschichte derselben vollendet haben werden.

Hier bemerken wir zuvörderst, dafs Huygens es war, der zu den ersten Entdeckungen in der Mechanik, zu den von Galilei gefundenen Gesetzen des freien Falles, auch noch die der Centrifugalkraft und der Pendelbewegungen hinzugefügt, und dadurch gleichsam die Bahn zu der grofsen Entdeckung des Gesetzes der allgemeinen Schwere geöffnet hat. Ueberhaupt scheint es die Bestimmung dieses aufserordentlichen Mannes gewesen zu seyn, die ersten Ideen seines Vorgängers Galilei zu vervollkommnen und gleichsam zu vervoll-

ständigen. Newton ergriff die von Huygens aufgestellten Sätze, und führte sie, vorzüglich durch Hülfe des neuen Infinitesimal-Calcüls, weiter aus, und seine *Principia philos. mathematica*, die zuerst im J. 1687 erschienen, zeigten die neue Wissenschaft schon auf einer Stufe der Vollendung, die seinen Nachfolgern, wenigstens in Beziehung auf den Inhalt und auf die darin angeregten Probleme nur wenig mehr hinzuzufügen übrig liefs; da sich der gröfste Theil von dem, was noch zu wünschen war, mehr auf die Form der Behandlung und auf die Ueberwindung der Schwierigkeiten bezog, welche die mit diesem Probleme verbundene mathematische Analyse darbot.

Schon Galilei hatte, durch die Oscillationen einer an einer langen Schnur hängenden Kirchenlampe aufmerksam gemacht, die Eigenschaft der Pendelbewegung zu einem Gegenstande seiner besondern Untersuchung gemacht und gefunden, dafs die Länge des Pendels dem Quadrate der Anzahl seiner Schwingungen oder, was dasselbe ist, dem Quadrate der Zeit proportional sey, und er schlug daher dieses Instrument zu einer genauen Messung der Zeit selbst vor. Torricelli hatte die Ideen seiner Lehrers, Galilei, in seiner Schrift: De motu Gravium, weiter ausgebildet, in welcher er auch über den Weg der gegen den Horizont schief geworfenen Körper seine Untersuchungen mittheilte. Allein Huygens ging viel weiter, indem er die Bewegung in einer krummen Linie überhaupt zu bestimmen suchte. Zwar beschränkte er seine Untersuchungen nur auf die Bewegungen in einem Kreise, allein die von ihm gefundenen Resultate für den Kreis lassen sich sehr leicht auch auf jede andere krumme Linie ausdehnen, da man dieselbe als die Aufeinanderfolge von unendlich kleinen Kreisbogen betrachten kann, wie er selbst es in seiner Theorie der Evoluten gethan hat. Er fand, dafs die Centrifugalkraft im Kreise gleich ist dem Quadrate der Geschwindigkeit, dividirt durch den Halbmesser des Kreises, woraus sofort folgte, dafs auch in jeder andern krummen Linie die Centrifugalkraft gleich dem Quadrate der Geschwindigkeit, dividirt durch den Krümmungshalbmesser der Curven, seyn wird. Eine weitere Betrachtung der Kreisbewegung zeigte ihm auch, dafs die Centrifugalkraft in demselben sich wie der Halbmesser des Kreises und verkehrt, wie das Quadrat der Umlaufszeit des Körpers in dieser

krummen Linie verhalte. Wenn er diese von ihm entdeckten Sätze auf die Bewegungen des Mondes um die Erde oder auf die der Planeten um die Sonne angewendet hätte, eine Anwendung, die für seinen Scharfsinn keine Schwierigkeiten darbieten konnte, so würde er der Entdecker des Gesetzes der allgemeinen Schwere geworden seyn.

Allein dieser letzte und gröfste Schritt war seinem Zeitgenossen, Newton, vorbehalten, der zugleich die Theorie der Bewegung in allen ihren Theilen ausgebildet und dadurch der Wissenschaft nach allen ihren Richtungen diejenige Gestalt gegeben hat, die bis in die neuesten Zeiten als die vollkommenste beibehalten wurde. Die meisten seiner Nachfolger haben sich damit begnügt, die von ihm in synthetischen, nach der Manier der Alten, gehaltenen Methode vorgetragenen Sätze in die Sprache der Analysis zu übersetzen, und sie, mit oft nicht geringen Erweiterungen, durch sogenannte Differentialgleichungen auszudrücken, deren Integration aber oft sehr grofse Hindernisse darbietet.

Newton pflegte die Auflösung jedes gegebenen Problems damit zu beginnen, dafs er die Kraft, welche auf einen bewegten Körper wirkt, in zwei andere zerlegte, von welchen die eine nach den Tangenten der von diesem Körper beschriebenen Curve, und die andere nach der Normale derselben gerichtet ist, daher er auch jene die Tangential- und diese die Normalkraft nannte. Die Tangentialkraft war sonach blofs bestimmt, die absolute Geschwindigkeit des Körpers zu ändern, ohne einen Einflufs auf die Aenderung seiner Richtung zu haben. Sie war gleich dem Differential dieser Geschwindigkeit, dividirt durch das Element der Zeit. Die Normalkraft aber ist, nach dem oben Gesagten, gleich dem Quadrate der Geschwindigkeit, dividirt durch den Krümmungshalbmesser der Curve, und diese verändert blofs die Richtung des bewegten Körpers, ohne auf seine Geschwindigkeit Einflufs auszuüben.

Auf diese Weise hat man seit Newton's Principien alle Probleme der Mechanik aufzulösen gesucht, und selbst Euler's Mechanik, die im J. 1736 erschien und die als das erste complete Werk über diese Wissenschaft anzusehn ist, wurde noch ganz auf diese Zerlegung der Kräfte nach der Tangente und der Normale der Curven gegründet. Später aber hat man dieses

Verfahren gänzlich verlassen, weil sich die Methode der Zerlegung der Kräfte nach drei unter sich senkrechten Coordinaten als viel bequemer zur Auflösung jener Probleme dargeboten hatte. Dadurch hatte man zugleich den doppelten Vortheil erreicht, auch die Bewegungen der Körper in krummen Linien von doppelter Krümmung und auf gegebenen krummen Flächen zu bestimmen und aufserdem alle noch so verwickelte krummlinige Bewegungen auf einfache Bewegungen in geraden Linien, nämlich in eben jenen drei auf einander senkrechten Coordinaten, zurückzuführen. Man hat auch hier, wie sonst so oft, Gelegenheit, sich zu verwundern, dafs eine so klare und einfache Sache erst so spät gefunden wurde. Es scheint, dafs Maclaurin es ist, der diese neue Art der Behandlung der Mechanik zuerst und zwar in seinem Werke „über die Fluxionen" gebraucht hat, das im J. 1742 zu London erschienen ist.

Auf diese Weise hat man eine grofse Menge von Problemen aufgelöst, die sich auf die Bewegung der von gegebenen Kräften getriebenen Körper beziehen, vorausgesetzt, dafs man diese Körper nur als Puncte betrachtete. Auch hat man dieses Verfahren auf ganze Systeme solcher körperlicher Puncte angewendet, die sich unter einander nach einem gegebenen Gesetze anziehn, wie z. B. die Planeten unseres Sonnensystems, deren Bewegung um die Sonne und deren Störungen unter einander man, wenigstens in ihren grofsen Zügen, schon damals zu bestimmen wufste. Selbst die Bewegungen solcher körperlichen Puncte auf gegebenen Flächen, oder in gegebenen Canälen, die Curven von doppelter Krümmung bilden, oder endlich in widerstehenden Mitteln, boten keine andern Schwierigkeiten, als die der Integration der erhaltenen Differentialgleichungen dar, da sich diese äufsern Bedingungen der Bewegung wieder auf blofse einfache und gegebene Kräfte, die auf den bewegten Körper wirken, zurückführen liefsen. Sollte z. B. der Körper auf einer gegebenen Fläche bleiben, so durfte man, um diese Bedingung analytisch auszudrücken, den bereits gegebenen, auf den Körper wirkenden Kräften noch eine neue Kraft hinzufügen, deren Richtung in allen Puncten auf jener Fläche senkrecht steht, und die daher den Körper auf jener Fläche zurückhalten mufs. Ebenso konnte der Widerstand des Mittels, in welchem sich ein Körper bewegen soll,

als eine neue Kraft angesehn werden, die immer in der Tangente der Bahn des Körpers liegt, und eine der Bewegung des Körpers entgegengesetzte Richtung hat, und so fort in allen ähnlichen Fällen, wo überall die Anwendung der von Newton oder auch der von Maclaurin gegebenen Methode keine weitere Schwierigkeiten hatte.

Allein ganz anders verhielt sich die Sache, wenn man diejenigen Bewegungen der Körper bestimmen wollte, die durch einen gegenseitigen Druck oder Stofs auf einander wirken, entweder unmittelbar oder auch durch Stangen oder Fäden, welche diese Körper unter einander verbinden, kurz, wenn diese Körper auf eine solche Weise zusammenhängen, dafs sie den äufsern, auf sie einwirkenden Kräften nicht mehr frei gehorchen können, sondern auch unter einander wirken, und durch Druck, Zug oder Stofs die erhaltenen Bewegungen modificiren und mannigfaltig abändern. In diesem Falle sind die eigentlichen, auf jeden einzelnen Körper des Systems wirkenden Kräfte noch unbekannt, man kann sie daher auch nicht nach irgend einer Richtung zerlegen und die oben erklärte Methode bleibt unanwendbar.

Unter diesen Problemen erhielt vorzüglich eines, das des *Mittelpuncts des Schwunges* (*Centrum oscillationis*) eine Art von Berühmtheit schon seit dem Anfange des 17. Jahrhunderts, da die gröfsten Mathematiker jener und der nächstfolgenden Zeit nicht damit zu Stande kommen konnten, und da man es vorzüglich den Bemühungen dieser Männer um die Auflösung dieses Problems verdankt, dafs die Mechanik so rasche und grofse Schritte zu ihrer Vollendung gemacht hat.

Wenn eine unbiegsame Linie ohne Masse und Schwere an ihrem höchsten Puncte befestigt und an ihrem tiefsten Puncte mit einem kleinen Körper, den man als einen körperlichen Punct ansehen kann, beschwert wird, so hat man das sogenannte *einfache Pendel*, dessen Oscillationen blofs von seiner Länge, d. h. von dem Abstande jener beiden äufsersten Puncte des Pendels abhängen. Wenn aber mehrere schwere Körper oder körperliche Puncte, durch unveränderliche, schwerlose Linien oder Stangen unter einander verbunden sind, und wenn dieses System von körperlichen Puncten in einem dieser Puncte an einer fixen, horizontalen Axe befestigt und um diese Axe in schwingende Bewegung gesetzt wird, so hat man ein *zu-*

sammengesetztes Pendel. Bei diesem letzten Pendel schwingt jeder der materiellen Puncte, aus welchem das System besteht, offenbar nicht so, als ob er allein da wäre, sondern diese Puncte hindern und stören sich gegenseitig in ihren Bewegungen. Die der Axe nähern Puncte verlieren einen Theil ihrer natürlichen Bewegung, und theilen sie den entferntern Puncten mit. Es giebt also hier unter den einzelnen Puncten des Systems verloren gegangene und neu gewonnene Bewegungen. Wie es sich aber auch mit diesem Gewinn und Verlust der einzelnen Puncte verhalten mag, so muſs es doch in dem ganzen Systeme irgend einen Punct geben, der durch alle andere Puncte weder Gewinn noch Verlust erhält, d. h. einen so beschaffenen Punct, der um jene Axe, wenn er an sie durch einen schwerlosen Faden befestigt wäre, so oscilliren würde, als wenn er ganz allein da wäre, als ob alle anderen Puncte des Systemes entweder gar nicht existirten oder auch, als ob sie alle in diesem einen Puncte vereinigt wären. Den so beschaffenen Punct nennt man den *Mittelpunct des Schwunges*, und es ist offenbar, daſs man jene die einzelnen Puncte verbindenden Stangen so klein, als man will, also auch unendlich klein, annehmen kann, daſs es also auch in jedem Systeme von körperlichen Puncten, und daher auch in jedem soliden Körper von irgend einer Gestalt einen solchen Mittelpunct des Schwunges geben müsse, den zu finden eben die Aufgabe ist, um die es sich hier handelt.

Der bekannte Geometer Mersenne, ein Franciscanermönch in Frankreich (geb. 1588, gest. 1648), der sich auch durch seine Untersuchungen über die Cycloide berühmt gemacht hat, war der erste, der die Frage von dem Mittelpuncte des Schwunges anregte. Er gab den Geometern seiner Zeit, wie es damals Sitte war, durch öffentliche Blätter das Problem, die Gröſse eines Körpers von irgend einer Gestalt zu finden, der in einem seiner Puncte aufgehängt, seine Schwingungen in derselben Zeit vollendet, wie ein einfaches Pendel von gegebener Länge. Descartes suchte eine Auflösung dieses Problems zu geben. Er kam darüber mit Roberval in einen Streit, der die Auflösung des Descartes nicht als richtig anerkannte, und wohl den Weg zeigte, den man gehn soll, um zu dem gewünschten Ziele zu kommen, aber diesen Weg selbst nicht ging, ohne Zweifel, weil die Analysis jener

Zeit zu Untersuchungen dieser Art noch nicht genug ausgebildet war.

Bald darauf versuchte Huygens seine Kraft an der schweren Aufgabe, von der er sogleich sah, daſs sie ein Problem ganz neuer Art sey, und daher auch ganz andere Hülfsmittel fordere, als die bisher in der Mechanik vorgekommenen Aufgaben. Er führte deshalb ein neues Princip in die Mechanik ein, nach welchem bei einem Systeme von unter einander verbundenen körperlichen Puncten das Herabsteigen des Schwerpunctes des Systems gleich groſs ist mit dem darauf folgenden Aufsteigen des Schwerpunctes, wenn bei dem Aufsteigen diese körperlichen Puncte sich von einander trennen, und jeder für sich aufsteigen würde. Man verstand anfangs dieses Princip nicht hinlänglich, und es fehlte auch nicht an kleinen Fehden, die sich Huygens dadurch zugezogen hatte, die ihn aber in seinen Behauptungen nicht irre machten. Später drückte man diesen Grundsatz auf eine einfachere Weise aus und in dieser Gestalt bildet er jetzt den berühmten Satz, den man in der Mechanik das Princip der Erhaltung der lebendigen Kraft (*principe de la conservation des forces vives*) zu nennen pflegt. Man ist nämlich dahin übereingekommen, das Product der Masse eines Körpers in das Quadrat seiner Geschwindigkeit, die *lebendige Kraft* des Körpers zu nennen, und Huygens Princip kann daher auch so ausgedrückt werden. Bei der Bewegung der durch die Schwere getriebenen Körper ist die lebendige Kraft derselben in jedem Augenblicke unveränderlich dieselbe, diese Körper mögen unter einander auf irgend eine Art verbunden seyn oder sie mögen frei, jeder für sich, durch dieselbe Höhe fallen. Man hat lange Zeit diesen Satz nicht sowohl als ein Princip, da er wohl eines Beweises bedürfte, sondern als ein Theorem der Mechanik betrachtet, aber nachdem Leibnitz und Johann Bernoulli einmal die lebendigen Kräfte in ihre Theorie der Mechanik eingeführt hatten, sahen sie, daſs dieser Satz eigentlich ein allgemeines Naturgesetz ist, nach welchem, bei jeder Bewegung, die durch gegebene äuſsere Kräfte hervorgebracht wird, die Summe der lebendigen Kräfte der einzelnen körperlichen Puncte eines Systems bloſs von jenen äuſsern Kräften, keineswegs aber von der Verbindung jener Puncte unter sich, abhängt, und daſs daher auch bei einem Systeme, auf welches bloſs die Schwere

wirkt, die lebendige Kraft dieselbe bleiben wird, die einzelnen Puncte des Systems mögen unter sich auf irgend eine Art oder auch gar nicht verbunden seyn.

Huygens fand auf diese Weise, daſs der Mittelpunct des Schwunges eines Systems von körperlichen Puncten, das um eine horizontale Axe rotirt, in einer durch den Schwerpunct desselben auf die Axe senkrecht gehenden Linie liegt, und daſs die Entfernung dieses Mittelpunctes des Schwunges von der Axe gleich ist der Summe der Producte aller Gewichte der körperlichen Puncte in die Quadrate ihrer Abstände von der Axe, dividirt durch die Summe der Producte dieser Gewichte in ihre Abstände. Nennt man also p, p', p''.... die Gewichte der einzelnen körperlichen Massen, aus welchen das System besteht, und a, a', a''... ihre Abstände von der Rotationsaxe, so ist die Entfernung R des Mittelpunctes des Schwunges des Systems von jener Axe, oder so ist die Länge des einfachen Pendels, welches seine Schwingungen in derselben Zeit mit jenem Systeme vollendet

$$R = \frac{a^2 p + a'^2 p' + a''^2 p'' + ..}{a p + a' p' + a'' p'' + ..}$$

und daraus kann man nun leicht, durch das bekannte Verfahren der Differentialrechnung, den Mittelpunct des Schwunges für alle gerade und krumme Flächen, so wie auch für jedem Körper von gegebener Gestalt bestimmen.

Diese Theorie hat Huygens in seinem Werke: *Horologium oscillatorium* vorgetragen, und mit vielen scharfsinnigen Bemerkungen begleitet. Sie würde nichts zu wünschen übrig gelassen haben, wenn er das dieser Theorie zum Grunde gelegte Theorem, das er als Princip annahm, auch bewiesen hätte. Einige Zeit darauf, im Jahre 1681, erschien eine Kritik dieser Theorie in dem Pariser Journal des Savans, auf die Huygens selbst nur kurz und ungenügend antwortete, die aber dem berühmten Jacob Bernoulli Gelegenheit gab, der Sache weiter nachzudenken, und die Auflösung jenes Problems aus den ersten Gründen der Dynamik abzuleiten. Er betrachtete zuerst einem gewöhnlichen Hebel mit zwei gleichen Gewichten an seinen Endpuncten beschwert, von denen aber das einer näher an dem Unterstützungspuncte steht, als das andere. Dieser Hebel muſs sich also um seinen Ruhepunct drehn. Bei dieser Drehung ist aber die Geschwindigkeit des ersten Ge-

wichts offenbar kleiner, und die des zweiten Punctes größer, als diejenige Geschwindigkeit, welche jedes dieser Gewichte in einer ganz freien Bewegung beschreiben würde. Das erste, dem Ruhepuncte nähere Gewicht, hat etwas von seiner ursprünglichen Geschwindigkeit verloren, während das zweite gewonnen hat, und da dieser gegenseitige Austausch der Geschwindigkeiten durch das Mittel eines um einen fixen Punct beweglichen Hebels statt hatte, so muſs dieser Austausch nach dem bekannten Gesetze des Gleichgewichts am Hebel statt gehabt haben, so also, daſs der Verlust des ersten Gewichts zu dem Gewinn des zweiten sich verhält, wie sich verkehrt die Entfernungen dieser zwei Gewichte von dem Ruhepuncte ihres Hebels verhalten. Daraus und aus der Betrachtung, daſs die wahren Geschwindigkeiten dieser zwei Gewichte sich wie ihre Entfernungen vom Ruhepuncte verhalten müssen, konnte Bernoulli sehr leicht diese Geschwindigkeiten selbst, und dadurch die Bewegung des ganzen Pendels bestimmen.

Dieses ist in Wahrheit der erste streng wissenschaftliche Schritt zur Auflösung jenes Problems von dem Mittelpuncte des Schwunges. Die Idee, welche demselben zum Grunde liegt, ist eben so einfach als sinnreich. Aber Jacob Bernoulli verfiel bei der Auflösung in einen Irrthum, indem er die endlichen Geschwindigkeiten der beiden Gewichte mit den accelerirenden Kräften verwechselte, durch welche jene Geschwindigkeiten hervorgebracht werden. Der Marquis de l'Hôpital bemerkte und verbesserte diesen Fehler im Jahre 1690, dadurch wurde Jacob Bernoulli noch einmal auf seine frühern Untersuchungen zurückgeführt und nun gab er die erste directe und strenge Auflösung des erwähnten Problems, eine Auflösung, die in der Geschichte der Dynamik sehr wichtig ist, da sie eigentlich der Keim derjenigen Methoden genannt werden kann, die späterhin d'Alembert mit so viel Glück in die Wissenschaft eingeführt hat. Jacob Bernoulli trug sie zuerst bloſs in ihren Hauptzügen vor[1], gab sie aber später völlig ausgebildet[2]. Er betrachtet hier zuerst neben der äuſseren, auf den Hebel wirkenden Kraft der Schwere noch andere, aus der Gegenwirkung der Gewichte entspringende

1 Acta Erud. Lips. Ann. 1691.
2 Mém. de l'Acad. de Par. 1703.

Kräfte, die sich aber unter einander das Gleichgewicht halten, und die daher, wenn sie allein auf den Hebel wirkten, denselben nicht in Bewegung setzen würden; dadurch wurde das schwere und bisher rein dynamische Problem auf die Statik zurückgeführt, und es war fortan blofs Sache der mathematischen Analyse, die auf diese Weise erhaltenen Differentialausdrücke durch die Integralrechnung auf ihre endlichen Ausdrücke zu bringen. Bald darauf erhielt man noch andere Auflösungen desselben Problems von Johann Bernoulli, Taylor, Hermann u. s. w., die aber im Grunde nichts Neues mehr enthielten, und zur Erweiterung der Wissenschaft keinen wesentlichen Beitrag lieferten. Euler trug denselben Gegenstand mit vielen Erläuterungen und Erweiterungen im siebenten Bande der älteren Commentationen der Acad. von Petersburg vor.

Nachdem einmal die Schwierigkeiten überwunden waren, welche dieses Problem dargeboten hatte, so wurde eine grofse Menge anderer, in dasselbe Feld gehörender Aufgaben behandelt, und bald nach Huygens, bald nach Jac. Bernoulli's Methode glücklich aufgelöset. Früher konnte man nur die Bewegungen einzelner, unter sich unverbundener körperlicher Puncte, auf welche gegebene äufsere Kräfte wirken, bestimmen, von da an aber war man im Stande, auch die Bewegungen eines Systems von Puncten zu berechnen, die auf irgend eine Art, durch Stangen, Ringe, Schnur u. s. w. unter sich verbunden waren, und durch diese Verbindungen selbst gleichsam neue Kräfte erzeugten, die als Zug oder Stofs betrachtet wurden, und da die Abstände dieser Puncte unter sich selbst von irgend einer beliebigen Gröfse, also auch unendlich klein genommen werden konnten, so war dadurch auch der Weg gegeben, die Bewegung irgend eines endlichen Körpers von bestimmter Gestalt zu bestimmen, indem man nämlich diesen Körper als System von unendlich vielen und unendlich kleinen körperlichen Puncten annahm, und die bisher erhaltenen analytischen Ausdrücke dem Geiste der Integralrechnung gemäfs betrachtete.

Seit der Epoche, welche Jac. Bernoulli's Auflösung des erwähnten Problems in der Wissenschaft hervorgebracht hat, bis zu der eigentlichen Ausbildung der jener Auflösung zum Grunde liegenden Idee durch d'Alembert, d. h. von dem

Jahre 1691 bis 1743 erschienen zwei Hauptwerke, welche die bisherigen Bemühungen der einzelnen Geometer sammelten, ordneten und sie in ein wissenschaftliches System zu bringen suchten. Das erste ist die *Phoronomie* von *Herman*, die 1716 zu Petersburg heraus kam und in welcher die gesammte Statik und Dynamik der festen und flüssigen Körper mit viel Talent und Sachkenntniſs, aber nicht mit der nöthigen Deutlichkeit abgehandelt ist. Der Verfasser wählte nach dem Beispiele NEWTON's, die synthetische Darstellung, obschon er die in seinem Werke enthaltenen Theoreme höchst wahrscheinlich auf dem analytischen Wege gefunden hatte. Auch war die Wissenschaft in allen ihren Theilen noch nicht hinlänglich ausgebildet, um schon zu jener Zeit in ein vollständiges System gebracht zu werden, und die geistige Kraft des Verfassers schien einer so groſsen Unternehmung nicht gewachsen. Das zweite hier zu erwähnende Werk ist die *Mechanica seu motus scientia* von EULER, die 1736 zu Petersburg erschien. Diese Schrift enthält in zwei starken Quartbänden die ganze Theorie der Bewegung eines isolirten körperlichen Punctes im leeren Raume sowohl, als auch in widerstehenden Mitteln. EULER wählte bei seiner Darstellung durchaus die analytische Methode, in welcher er selbst ein so groſser, ja bisher noch von keinem seiner Nachfolger übertroffener Meister war. Uebrigens behielt er in diesem Werke, wie schon oben erwähnt, die ältere Zerlegung der Kräfte in Tangential- und Normalkräfte bei, obschon er gegen das Ende seiner Schrift auch bereits die Zerlegung nach den drei Coordinaten, die MACLAURIN zuerst gebraucht hat, einzuführen sucht. Ein anderes Werk desselben Verfassers, die *Theoria motus corporum solidorum*[1], gehört in eine spätere Periode, und behandelt, wie schon sein Titel sagt, die Bewegung der Körper von irgend einer Gestalt, also diejenigen Probleme, zu deren Auflösung HUYGENS und JAC. BERNOULLI zuerst den Weg gezeigt haben. Viele andere Aufsätze EULER's in den Memoiren von Berlin und Peterburg beschäftigen sich mit ähnlichen Aufgaben, wie denn überhaupt die vorzüglichsten Geometer jener Zeit diese neuen Aufgaben zum Gegenstande ihrer Untersuchungen machten, in welchen man den Stoſs der Kör-

1 Erschien zu Greifswalde 1765.

per unter einander oder die Bewegung eines Systems von Körpern zu bestimmen suchte, die durch unveränderliche oder elastische Fäden und Stangen verbunden sind, oder die an solchen Fäden und Ringen frei auf und ab gleiten und sich überdiefs noch auf gegebenen Curven oder Flächen bewegen. Man findet diese Arbeiten der Bernoulli's, Clairaut's, Euler's u. s. w. in den ersten Bänden der Petersburger Memoiren, in den Mém. de Berlin von 1745 und de Paris von 1741, 1742 und 1747, in den gesammelten Werken von Johann Bernoulli und in den *Opusculis* von Euler. Beinahe alle diese Auflösungen wurden auf das oben erwähnte Princip von Huygens gebaut, aber da dasselbe im Grunde nur eine einzige Gleichung giebt, so mufste man die noch übrigen durch besondere Betrachtungen finden, die aus der Natur der Aufgabe selbst hervorgehn sollten, wozu meistens ein nicht gewöhnlicher Scharfsinn erforderlich war, daher diese Angelegenheit auch gleichsam das Eigenthum der gröfsten Geometer jener Zeit blieb, und wahrscheinlich auch geblieben wäre, wenn nicht endlich eine glückliche und sinnreiche Idee d'Alembert's allen diesen vagen Versuchen ein Ziel gesetzt und Licht und Ordnung in eine bisher so dunkle Sache gebracht hätte.

Es wurde bereits oben bemerkt, dafs das Princip, dessen sich Jacob Bernoulli zur Auflösung des Problems von dem Mittelpuncte des Schwunges bediente, diese eigentlich dynamische Frage auf eine blofs statische Aufgabe zurückgeführt hat. Aber d'Alembert war es, der den ganzen Werth und die Allgemeinheit dieses Princips übersah, der es zuerst in die Mechanik einführte und ihm zugleich alle die Einfachheit und Fruchtbarkeit, deren es fähig ist, zu geben verstand.

Denken wir uns ein System von körperlichen Puncten, die auf irgend eine Weise unter einander verbunden sind und auf deren jeden gegebene Kräfte nach bestimmten Richtungen wirken. Diese Kräfte wird man erstlich mittelst des bekannten Princips der Zerlegung der Kräfte auf drei unter sich senkrechte und mit den drei Coordinatenaxen des Systems parallele Kräfte zurückführen, nach der von Maclaurin eingeführten Methode, wodurch die Aufgabe bereits beträchtlich vereinfacht wird, da man jetzt nur drei Kräfte zu untersuchen hat, deren jede in einer unveränderlichen Richtung wirkt,

und da diese drei Richtungen die einfachsten ihrer Art, nämlich unter einander senkrecht sind. Wenn nun diese drei Kräfte auf die Körper des Systems wirken, so wird jeder dieser Körper, wenn er allein da wäre und sich frei bewegen könnte, dem Impulse der auf ihn einwirkenden Kräfte folgen, und die Bewegung desselben würde, ohne andere Schwierigkeiten, als die der Integralrechnung, durch die früher gefundenen Methoden bestimmt werden können. Allein nach der Voraussetzung sind diese Körper des Systems nicht isolirt, sondern sie sind durch Fäden, Stangen oder durch ihre eigenen Anziehungen unter einander verbunden, und dadurch wird die freie Bewegung eines jeden dieser Körper gehemmt und geändert. Welches nun aber auch diese Aenderung seyn mag, die jeder Körper des Systems in seiner Bewegung durch jene Hindernisse erfährt, so ist doch klar, daſs man die freie Bewegung eines jeden dieser Körper (d. h. diejenige, welche er haben würde, wenn jene Hindernisse nicht da wären), in zwei andere zerlegen könne, nämlich erstens in diejenige, welche der Körper unter den gegebenen Bedingungen oder Hindernissen in der That hat, und zweitens in diejenige, die durch diese Hindernisse aufgehoben oder verloren gegangen sind. Diese letztern Kräfte aber müssen offenbar der Art seyn, daſs das System, wenn bloſs die verlornen Kräfte auf dasselbe wirken, im Gleichgewichte bleiben wird.

Dieses ist das Princip d'Alembert's, endlich alle Probleme der Dynamik auf die Statik, wodurch alle Aufgaben über Bewegung auf die über das Gleichgewicht der Körper zurückgeführt werden, und welches von d'Alembert in seinem Traité de Dynamique im J. 1743 bekannt gemacht ist.

Um dieses Princip durch eine bildliche Darstellung deutlich zu machen, sey m die Masse eines der körperlichen Puncte des Systems, und $u\,dt$ die Geschwindigkeit, welche er, wenn er ganz frei wäre, während der unendlich kleinen Zeit dt von der auf ihn wirkenden Kraft erhalten würde. Nennen wir ebenso $q\,dt$ den Zuwachs der Geschwindigkeit, den dieser Körper, während derselben Zeit dt, vermöge der oben erwähnten Hindernisse der andern Körper in der That erhält. Die Richtungen dieser beiden Geschwindigkeiten werden im Allgemeinen verschieden seyn. Man wird daher, da sich die accelerirenden Kräfte wie ihre Geschwindigkeiten ver-

halten (nach der oben angeführten Gleichung C), auch die erste dieser Geschwindigkeiten oder u d t in zwei andere zerlegen können, von welchen die eine die in der That statt habende Geschwindigkeit q d t ist, während wir die andere durch p d t bezeichnen wollen. Die auf den Körper wirkende bewegende Kraft wird das Product m u zum Maſse haben, während die zu den beiden andern Geschwindigkeiten q d t und p d t zu ihren Maſsen die Gröſsen m q und m p haben werden. Bezeichnet man daher die Diagonale eines Parallelogramms durch m u, und die beiden Seiten desselben durch Fig. 246.
m q und m p, so wird die gegebene Kraft m u, die nach ihrer ganzen Stärke auf den Körper, wenn er frei wäre, wirken würde, als die mittlere oder resultirende Kraft von zwei andern Seitenkräften m q und m p betrachtet werden können, von welchen die erste m q die unter den gegebenen Hindernissen wirklich statt habende Geschwindigkeit des Körpers erzeugt, während die andere m p die durch diese Hindernisse aufgehobene oder verlorene Kraft darstellt.

Bezeichnen wir dieselben Gröſsen für einen zweiten Körper des Systems durch m', u', p', q', und für einen dritten durch m'', u'', p'', q'' u. s. w. Welches auch die Anzahl dieser Körper und welches auch die Art ihrer Verbindung unter einander seyn mag, so werden doch alle die verlornen Kräfte mp, $m'p'$, $m''p''$.... unter einander im Gleichgewichte stehn müssen, denn wenn dieses nicht der Fall wäre, so würden diese Kräfte während der Zeit d t gewisse, unendlich kleine Geschwindigkeiten in ihren Körpern erzeugen, und dann könnten die Gröſsen $q\,dt$, $q'dt$, $q''dt$.... nicht mehr diejenigen Geschwindigkeiten seyn, die, nach der Voraussetzung unter den gegebenen Hindernissen in der That statt finden.

Statt der Kräfte mp, $m'p'$, $m''p''$.... wird man übrigens, in den Gleichungen des Gleichgewichtes, auch die Gröſsen $mp\,dt$, $m'p'dt$, $m''p''dt$..... setzen können, da diese jenen proportionirt sind, wo $p\,dt$ (nach der vorhergehenden Gleichung C) die unendlich kleine Geschwindigkeit bezeichnet, die der Körper in der Zeit d t erhält, und auf diese Weise hat auch D'ALEMBERT die Sache dargestellt.

Man sieht, daſs diese Methode zwar nicht unmittelbar diejenigen Gleichungen giebt, die zur Auflösung der dynamischen Probleme nothwendig sind, sondern daſs sie uns nur

lehrt, diese Gleichungen aus den Bedingungen des Gleichgewichts abzuleiten. Wenn man nämlich das von d'Alembert gezeigte Verfahren mit dem bekannten Princip der Zerlegung der Kräfte verbindet, so kann man für alle Fälle die einem jeden dynamischen Probleme zur Auflösung desselben nöthigen Gleichungen entwickeln. Jedoch ist öfter die Bestimmung der verlornen Kräfte sowohl, als auch die der Gesetze des Gleichgewichts unter diesen Kräften mit besondern Schwierigkeiten verbunden.

Diese Schwierigkeiten kann man aber umgehn, wenn man unmittelbar die Gleichung des Gleichgewichts zwischen den auf das System wirkenden Kräften und zwischen den von ihnen hervorgebrachten Bewegungen aufstellt, aber die letzten in entgegengesetzter Richtung genommen. Denn wenn man jedem Körper des Systems eine Bewegung mittheilt, welche derjenigen, die er unter den gegebenen Verhältnissen in der That annehmen muſs, gleich und entgegengesetzt ist, so muſs das System offenbar auch in Ruhe oder im Gleichgewichte bleiben.

Diese, übrigens scheinbar nur geringe Abänderung des von d'Alembert gelehrten Verfahrens macht dasselbe viel leichter und einfacher.

Um auch dieses durch unsere bildliche Darstellung anschaulich zu machen, so haben wir oben die Gröſse mu als die Resultante der zwei Seitenkräfte mq und mp betrachtet. Allein daraus folgt unmittelbar, daſs man auch jede dieser zwei Seitenkräfte, zum Beispiel mp, als die Resultante von mu und von der andern Kraft mq ansehn kann, vorausgesetzt, daſs man diese letzte Kraft mq in einer ihr entgegengesetzten Richtung nimmt, wie dieses die Zeichnung angiebt. Indem man also statt jeder verlornen Kraft mp, m′p′, m″p″ .... die zwei Seitenkräfte substituirt, von welchen die verlorne Kraft die Resultante ist, so läſst sich das Verfahren d'Alembert's auf folgende Weise ausdrücken: „*In jedem in Bewegung begriffenen Systeme von körperlichen Puncten, auf welche gegebene Kräfte wirken, hat stets ein Gleichgewicht statt zwischen diesen gegebenen Kräften* mu, m′u′, m″u″.... *und zwischen denjenigen Kräften* mq, m′q′, m″q″..., *welche die in der That statt habenden Geschwindigkeiten dieser Körper erzeugen, wenn man nur die letzten Kräfte negativ nimmt.*“

— Statt der ersten Kräfte kann man die ihnen proportionellen Gröſsen $m u d t$, $m' u' d t$, $m'' u'' d t$.. und statt der zweiten Kräfte ebenso die Gröſsen $m q d t$, $m' q' d t$, $m'' q'' d t$... substituiren, wenn man nur den Geschwindigkeiten q, q', q''... ihre entgegengesetzte Richtung giebt, oder sie negativ nimmt, während man die Zeichen der Geschwindigkeiten u, u', u''... ungeändert läſst.

Dieses Verfahren hat den Vortheil, unmittelbar zu den Gleichungen zwischen den unbekannten Gröſsen q, q', q''.... und zwischen den gegebenen Gröſsen u, u', u''.... des Problems zu führen. Diese Gleichungen nämlich werden unmittelbar folgen sowohl aus den Bedingungen des Gleichgewichts überhaupt, als auch aus den gegebenen Verbindungen, die zwischen den einzelnen Körpern des Systems statt haben sollen, und die Anzahl dieser Gleichungen wird stets ebenso groſs seyn, als die Anzahl der Coordinaten der gegebenen Körper des Systems, das heiſst also ebenso groſs, als die Anzahl der nach den Richtungen der drei Coordinatenaxen zerlegten Seitenkräfte $m q d t$, $m' q' d t$, $m'' q'' d t$.., so daſs man also, mittelst dieser Gleichungen ihre unbekannten Gröſsen, oder die augenblicklichen Geschwindigkeiten q, q', q''.... jedes einzelnen Körpers, ihrer Gröſse und ihrer Richtung nach, durch diese Gleichungen kennen lernen wird, und darin besteht eigentlich die Auflösung eines jeden dynamischen Problems. Diese Gleichungen, deren Anzahl also dreimal gröſser ist, als die Anzahl der in dem Systeme enthaltenen Körper, werden, ihrer Natur nach, Differentialgleichungen der zweiten Ordnung seyn, und um aus den in ihnen enthaltenen unendlich kleinen Aenderungen der Geschwindigkeiten zu den wahren Geschwindigkeiten, und zu den drei Coordinaten eines jeden dieser Körper, in Functionen der Zeit überzugehn, d. h. um durch jene Differentialgleichungen sowohl den Ort eines jeden Körpers dieses Systems, als auch die Geschwindigkeit desselben für irgend eine gegebene Zeit t zu bestimmen, wird man die Integralrechnung zu Hülfe rufen, so daſs demnach dieser letzte Theil der Auflösung jener Probleme der mathematischen Analyse anheim fällt, und daſs durch die Aufstellung jener Differentialgleichungen das eigentliche Geschäft der Mechanik geendet ist.

Dieses Verfahren gewährt noch einen andern wichtigen

Vortheil, der hier ausdrücklich erwähnt werden mufs. Wenn man nämlich durch dieselben Gleichungen die Kräfte $m q$, $m' q'$, $m'' q''$.... einmal bestimmt hat, so wird man sie nur wieder negativ nehmen, oder ihre alten Richtungen wieder herstellen, und sie als eine der Seitenkräfte der mittlern Kräfte $m u$, $m' u'$, $m'' u''$.... ansehn. Dadurch erhält man die andere der Seitenkräfte $m p$, $m' p'$, $m'' p''$.... eines jeden einzelnen Körpers, d. h. man erhält die für jeden dieser Körper verlornen Kräfte, und diese sind es, durch welche man die Spannung der Fäden, den Druck der Stangen u. s. w., durch welche jene Körper verbunden sind, so wie auch den Druck bestimmen wird, welchen diese Körper gegen die krummen Linien oder gegen die Flächen ausüben, auf welchen sie, während ihrer Bewegung, zu bleiben gezwungen seyn sollen.

Noch war ein wichtiger Schritt übrig, der aber, so leicht er auch jetzt erscheinen mag, erst spät gelang, und welchen zu thun einem der gröfsten Geometer vorbehalten blieb. Die Statik wurde, wie wir oben gesehn haben, mittelst des Princips der virtuellen Geschwindigkeiten, auf eine einzige Formel zurückgeführt, in welcher die Auflösung aller Probleme enthalten war, die in dieser Wissenschaft aufgestellt werden konnten. Dasselbe war auch für die Dynamik zu wünschen, und der Wunsch schien um so leichter befriedigt werden zu können, da schon D'ALEMBERT die sämmtlichen Probleme der Dynamik auf die der Statik zurückgebracht hatte. Dessen ungeachtet verflofs noch nahe ein halbes Jahrhundert, bis auch dieser Schritt gethan wurde. D'ALEMBERT machte seine Methode im J. 1743 bekannt und die erste Ausgabe der Mécanique analytique von LAGRANGE, in welcher die Wissenschaft diese letzte Vollendung erhielt, erschien im Jahr 1788. In diesem Werke ist die Statik sowohl, als auch die Dynamik, mit Hülfe des oben erwähnten Princips der virtuellen Geschwindigkeiten, verbunden mit dem von D'ALEMBERT gegebenen Verfahren, auf eine einzige Formel zurückgeführt worden, so dafs die Auflösung eines jeden nur möglichen Problems der Mechanik blofs in der Entwickelung dieser Formel für den speciellen Fall einer jeden Aufgabe besteht.

Fügen wir, wie es bereits bei der Statik geschehn ist, auch der vorhergehenden kurzen Geschichte der Dynamik der festen Körper das Vorzüglichste über die Entstehung und Aus-

bildung der Lehre von der Bewegung der Flüssigkeiten oder der *Hydrodynamik* hinzu.

In der Hydrostatik oder in der Lehre vom Gleichgewichte der Flüssigkeiten hat man sich gröſstentheils nur auf die Leitung der Gewässer zum Betriebe verschiedener Maschinen oder zu andern Zwecken des bürgerlichen Lebens beschränkt, und es scheint, daſs die Alten in dieser Kunst wenigstens ebensoweit gekommen sind, als ihre heutigen Nachfolger. Auf jeden Fall sind die Nachrichten, welche sich von ihren hydraulischen Vorrichtungen in den Schriften der Alten erhalten haben, und von welchen wir noch mehrere Denkmäler sehn, der Art, daſs sie unsere Bewunderung im hohen Grade verdienen. Nicht so ist es mit der Hydrodynamik, deren eigentlicher Ursprung erst in das letztverflossene achtzehnte Jahrhundert fällt. Archimedes, vielleicht das gröſste mathematische Talent des Alterthums, wuſste nichts davon, so wenig, als Galilei, obschon er durch seine lange fortgesetzten Untersuchungen über Mechanik oft auf diesen Gegenstand geführt werden muſste, und obschon er volle neunzehn Jahrhunderte nach dem Archimedes lebte.

Newton, der 85 Jahre nach Galilei starb, versuchte es, die Bewegung der Flüssigkeiten durch die Lehren der Dynamik fester Körper zu berechnen, aber er beging dabei mehrere Fehler, und die Resultate seiner Berechnung stimmten mit denen der Beobachtungen nicht überein.

Torricelli, der beste Schüler Galilei's, hatte zuerst die Bewegung des Wassers untersucht, welches durch eine kleine Oeffnung des Bodens des Gefäſses, in dem es enthalten ist, ausflieſst. Er fand, daſs die Geschwindigkeit des verticalen Wasserstrahls sich verhält, wie die Quadratwurzel der Höhe des Niveau's des Wassers über der Oeffnung des Bodens. Da er aber dieses Verhältniſs nicht beweisen konnte, so gab er es einstweilen als einen Erfahrungssatz, und theilte es in seinem Werke: *De motu naturaliter accelerato* im J. 1643 mit. Newton suchte diesen Satz in seinen „Principien," die im J. 1687 erschienen, zu beweisen, aber nicht mit Glück, wie denn überhaupt die Untersuchungen über die Bewegungen der Flüssigkeiten, die am wenigsten genügenden jenes berühmten Werkes sind. Er fand, daſs die Geschwindigkeit des durch die Oeffnung gehenden Wasserstrahls sich nur wie die halbe

Höhe des Wassers über dem Boden des Gefäfses verhält. Dieser Fehler entstand dadurch, dafs er keine Rücksicht auf die Zusammenziehung des Strahls bei seinem Ausflusse genommen hatte. In der zweiten Ausgabe seines Werkes, die 1714 erschien, holte er diese Versäumnifs nach, und fand nun ein mit den Versuchen Torricelli's übereinstimmendes Resultat, aber seine Theorie war dessen ungeachtet nicht richtig, da er sie auf eine Annahme gebaut hatte, die den bereits bekannten Gesetzen der Hydrostatik widersprach, und die daher selbst der Wahrheit nicht gemäfs seyn konnte.

Zwanzig Jahre früher gab Varignon der Akademie zu Paris eine bessere Erklärung des in Rede stehenden Phänomens, die übrigens ebenfalls den Satz des Torricelli bestätigte, aber doch auch noch manches zu wünschen übrig liefs. Varignon's Beweis setzte nämlich die Flüssigkeit im Gefäfse in Ruhe voraus, da dieselbe doch, wegen des Ausflusses durch die Oeffnung im Boden, in beständiger Bewegung seyn mufs. Diese Bewegung der ganzen Wassermasse wird allerdings desto geringer seyn, je kleiner die Oeffnung in Beziehung auf die ganze Wassermasse ist, und für solche Fälle allein stimmte auch das Resultat der Berechnung mit den darüber angestellten Experimenten überein, da es im Gegentheile immer mehr davon abwich, je kleiner das Gefäfs, oder je gröfser die Oeffnung im Boden desselben war. Noch weniger liefs sich die neue Theorie auf die Bewegung des Wassers in senkrechten oder schief liegenden Canälen anwenden. Die ganze Untersuchung über die Bewegung der Flüssigkeiten konnte also, nach allen diesen Versuchen, nicht einmal als angefangen betrachtet werden.

Es wurden bereits oben die verschiedenen Schritte erwähnt, die von den gröfsten Geometern ihrer Zeit gethan worden sind, um das Problem von dem Mittelpuncte des Schwunges aufzulösen, und wir haben gesehn, dafs Jac. Bernoulli die wahre Theorie dieses Gegenstandes erst lange Zeit nachher entdeckte, als Huygens dieses Problem durch das Princip der Erhaltung der lebendigen Kraft in der That aufgelöset hatte. Nicht viel anders ging es auch mit der Theorie der Bewegung der Flüssigkeiten in Röhren. Die Mittel zur Auflösung dieses Problems waren bereits lange vorher gefunden, sie lagen am Tage, aber sie waren zerstreut, und scheinbar unzusammen-

hängend, und viele Zeit und Mühe der talentvollsten Männer mufsten angewendet werden, um den verborgenen Zusammenhang zweier so nahe liegenden Dinge aufzufinden. Abermals ein Beweis des alten Satzes, den wir so oft in der Geschichte der Wissenschaft bestätigt finden, dafs der menschliche Geist beinahe nie den einfachsten und kürzesten Weg wählen kann, um zur Erkenntnifs der Wahrheit zu gelangen.

Dasselbe Princip der Erhaltung der lebendigen Kraft gab auch hier die erste Auflösung des Problems von der Bewegung der Flüssigkeiten in Röhren, und die Hydrodynamik des Daniel Bernoulli, die 1738 erschien, ist ganz auf dieses Princip gebaut, ein Werk, das sich durch eine äufserst elegante Analyse und durch die höchste Einfachheit der dadurch gewonnenen Resultate vor vielen andern ruhmvoll auszeichnet. Der Vortrefflichkeit dieses Werkes ungeachtet mufste es aber doch wünschenswerth bleiben, die Lehre von der Bewegung der Flüssigkeiten auf die ersten und Fundamentalformeln der Mechanik überhaupt zurück zu führen. Maclaurin und Johann Bernoulli unternahmen die Ausführung dieses Vorhabens, jener in seinem *Tractat von den Fluxionen* und dieser in seiner *neuen Hydrodynamik*. Die Resultate, zu welchen diese beiden Geometer gelangt sind, stimmen vollkommen unter sich überein, obschon jeder einen andern Weg gegangen ist, um zu ihnen zu gelangen. Doch schien Maclaurin in seinen Beweisen nicht strenge und Joh. Bernoulli in seiner Darstellung nicht deutlich genug gewesen zu seyn, um sich mit dem durch diese Männer herbeigeführten Zustande der neuen Wissenschaft für alle Folgezeit zu begnügen. Besonders fand d'Alembert an der Theorie Bernoulli's vielerlei, wohl mit zu weit getriebener Strenge, auszusetzen, was man ihm um so weniger verargen mag, da er uns zugleich, wie früher in der Dynamik der festen Körper, so auch hier für die Theorie der Bewegung der Flüssigkeiten, den besseren, den einzig wahren Weg gezeigt hat, auf welchem man zur Auflösung aller Probleme der Hydrodynamik gelangen kann. Das bereits oben erwähnte Verfahren, wodurch er alle dynamischen Fragen auf statische zurückbrachte, indem er das Gleichgewicht zwischen den verlornen Kräften des Systems suchte, wendete er auch, und mit demselben Glücke, auf die Bewegungen der Flüssigkeiten an. Den ersten Versuch zu diesem

Ziele machte er am Ende seiner Dynamik bekannt, die im J. 1743 erschien, und die hier vorgetragenen Ideen entwickelte er vollständig in seinem schon im nächsten Jahre folgenden *Traité des Fluides*. Dieses Werk enthält die ebenso directe als schöne Auflösung aller Aufgaben, die man über die Bewegung der in Gefäſsen eingeschlossene Flüssigkeiten geben kann.

Indeſs, so viel auch durch diese Schrift für die Wissenschaft gewonnen war, die Sache selbst konnte man dadurch noch nicht als geschlossen betrachten. In der That hatte sich d'Alembert bei seiner Theorie zwei Voraussetzungen erlaubt, die bloſs dann angenommen werden konnten, wenn sich die Flüssigkeiten, deren Bewegung man bestimmen will, in sehr *engen* Röhren befinden. Für alle andere Fälle konnten jene Voraussetzungen nicht als der Wahrheit gemäſs erkannt werden; auch stimmten die Resultate der Theorie, in diesen letzten Fällen, mit denen der Beobachtung nicht überein.

Clairaut war es, der in demselben Jahre 1743 in seiner „Théorie de la figure de la terre" die wahren Gesetze des *Gleichgewichts* der Flüssigkeiten vorgetragen hatte, unter der ganz allgemeinen und hier allein zulässigen Voraussetzung, daſs alle Elemente der Flüssigkeit von gegebenen Kräften getrieben werden. Es war daher nur noch übrig, von diesen durch Clairaut gefundenen Gesetzen des Gleichgewichts nun auch zu den Gesetzen der Bewegung dieser Flüssigkeiten überzugehn, und hierzu bot sich das oben erwähnte Verfahren d'Alembert's, mit den verlornen Kräften, gleichsam von selbst an. Auch war es d'Alembert, der diesen letzten Schritt in der Hydrodynamik machte, wie er denselben, nur wenige Jahre zuvor, in der Dynamik der festen Körper gemacht hatte. Er zuerst gab die wahren Gleichungen der Bewegung der Flüssigkeiten in seinem Werke: *Essai d'une nouvelle Théorie sur la resistance des fluides*, die im J. 1752 erschien, und er umfaſste in dieser Schrift sowohl die Bewegung der incompressiblen, als auch die der compressiblen oder elastischen Flüssigkeiten. Die hierfür aufgefundenen Gleichungen enthielten, der Natur der Sache gemäſs, die sogenannten *partiellen Differentialien*, und Euler war es, der ihnen[1] die einfachste Gestalt und diejenige

1 Mém. de Berlin. 1755.

Form gab, die sie noch in unsern Tagen haben. Wenn diese Gleichungen leichter zu integriren wären, so würde man mit ihrer Hülfe die Bewegung der Flüssigkeiten in allen gegebenen Fällen mit der gröfsten Genauigkeit vollständig bestimmen können. Aber sie sind unglücklicher Weise so schwer zu behandeln, dafs man ihre Integrale bisher nur in einigen sehr beschränkten Fällen zu finden im Stande gewesen ist, doch fällt diese Schwierigkeit der Integration nicht der Mechanik, sondern der mathematischen Analyse zur Last, die ihre weitere Vervollkommnung noch von der Zukunft erwartet. Da man ein jedes mechanische Problem als aufgelöset betrachtet, wenn man die Gleichung aufgestellt hat, welche diese Auflösung enthält, selbst wenn sie eine Differentialgleichung irgend einer Art ist, so kann die Hydrodynamik und überhaupt die ganze Mechanik, die dieser Forderung in allen Fällen Genüge leistet, als eine geschlossene Wissenschaft betrachtet werden, während die weitere Entwickelung der von ihr aufgestellten Gleichungen der Analyse anheim fällt.

Endlich wollen wir noch, zum Schlusse dieser Bemerkungen, hinzufügen, dafs Lagrange es war, der in seinem bereits öfter erwähnten Werke, Mécanique analytique, durch die Verbindung des Princips der virtuellen Geschwindigkeiten mit dem von d'Alembert gelehrten Verfahren, auch die Hydrodynamik, wie überhaupt die ganze Mechanik, auf eine einzige Formel zurückgebracht hat, in welcher die Auflösung aller Probleme, die man in dieser Wissenschaft aufstellen kann, enthalten ist.

Nach dieser kurzen Darstellung der Geschichte der Wissenschaft, in welcher wir uns nur auf die vorzüglichsten Epochen derselben, und auf diejenigen Entdeckungen beschränkt haben, die wesentlich zur Erweiterung unserer Kenntnisse und zur eigentlichen Constitution der ganzen Doctrin, wie sie in unsern Tagen besteht, beigetragen haben, wenden wir uns nun zu der Darstellung der Grundzüge der Wissenschaft selbst, um dem Leser wenigstens einen allgemeinen Ueberblick ihres Gebietes und der in ihm enthaltenen Schätze zu gewähren.

III. Grundzüge der Statik.

A. Gleichgewicht der fortschreitenden Bewegung.

Wir haben bereits oben gesehn, daſs man alle auf einen gegebenen Punct wirkende Kräfte auf eine einzige Kraft, welche die Resultante aller jener Kräfte genannt wird, zurückführen kann. Heiſst daher P die Resultante aller der Kräfte, die auf irgend einen Punct eines Systems von mehrern körperlichen Puncten wirken, und nennt man δp den unendlich kleinen Raum, welchen dieser Punct nach der Richtung der Kraft P in einem Augenblick zu beschreiben sucht, und bezeichnet man ebenso die Gröſsen P und δp für einen zweiten Punct durch P' und $\delta p'$, für einen dritten durch P'' und $\delta p''$ u. s. w., so hat man vermöge des Princips der virtuellen Geschwindigkeiten, nach dem Vorhergehenden, für das *Gleichgewicht* dieses Systems die Gleichung

$$P\delta p + P'\delta p' + P''\delta p'' + \ldots = 0.$$

Welches nun auch diese Kräfte seyn mögen, so wird man sie doch immer als solche betrachten können, die von irgend einem in ihrer Richtung liegenden Puncte A, A′, A″.... ausgehn, welche Puncte man die *Mittelpuncte* dieser Kräfte zu nennen pflegt. Sind daher x, y, z die drei unter sich senkrechten Coordinaten des ersten Punctes des Systems und sind a, b, c die analogen Coordinaten des Mittelpuncts A der Kraft P, so hat man, wenn p den Abstand dieses Mittelpuncts von dem körperlichen Puncte des Systems bezeichnet

Fig. 245.

$$p^2 = (x-a)^2 + (y-b)^2 + (z-c)^2.$$

Da nun im Allgemeinen die Mittelpuncte der Kräfte in ihrer Lage unveränderlich sind, so hat man für die Variation von p den Ausdruck

$$\delta p = \frac{x-a}{p}\delta x + \frac{y-b}{p}\delta y + \frac{z-c}{p}\delta z$$

wo $\frac{x-a}{p}$, $\frac{y-b}{p}$, $\frac{z-c}{p}$ bekanntlich die Cosinus der Winkel sind, welche die Richtung p der Kraft P mit den drei Axen der x, y, z bildet. Nennt man daher diese Winkel in derselben Ordnung α, β, γ, so hat man

$$\delta p = \delta x \text{ Cos. } \alpha + \delta y \text{ Cos. } \beta + \delta z \text{ Cos. } \gamma.$$

Nennt man aber X, Y, Z die drei Seitenkräfte der Kraft P, die nach den Richtungen der x, y, z zerlegt sind, so ist

$$X = P\ Cos.\alpha, \quad Y = P\ Cos.\beta, \quad Z = P\ Cos.\gamma,$$

und daher geht die Gröſse $P\delta p$ in folgende über

$$P\delta p = X\delta x + Y\delta y + Z\delta z.$$

Nennt man ebenso x′, y′, z′ die Coordinaten des zweites Punctes des Systems und X′, Y′, Z′ die drei Seitenkräfte, der auf diesen Punct wirkenden Kraft P′, so ist ebenso

$$P'\delta p' = X'\delta x' + Y'd y' + Z'\delta z'$$

und auf gleiche Weise für den dritten Punct

$$P''\delta p'' = X''\delta x'' + Y''\delta y'' + Z''\delta z'' \text{ u.s.w.}$$

Demnach geht die vorhergehende Gleichung des Gleichgewichts $P\delta p + P'\delta p' + P''\delta p'' + .. = 0$ in folgende über

$$X\delta x + X'\delta x' + X''\delta x'' +$$
$$+ Y\delta y + Y'\delta y' + Y''\delta y'' +$$
$$+ Z\delta z + Z'\delta z' + Z''\delta z'' + .. = 0$$

wofür wir der Kürze wegen setzen wollen

$$\Sigma(X\delta x + Y\delta y + Z\delta z) = 0 \ldots (I)$$

Ist nun das System frei oder keinen äuſseren Bedingungen unterworfen, so sind die Gröſsen δx, δy, $d z$, $\delta x'$... unter sich unabhängig, und die Gleichung (I) ist, wenn n die Anzahl der körperlichen Puncte des Systems bezeichnet, 3n Gleichungen der Form $X=0$, $Y=0$, $Z=0$, $X'=o$..... gleichgeltend, und aus diesen 3n Gleichungen wird man die 3n Coordinaten x, y, z, x′..... der körperlichen Puncte, d. h. man wird den Ort eines jeden dieser Puncte bestimmen, den derselbe, im Zustande des Gleichgewichts des Systems, einnehmen muſs.

Sind aber diese Puncte äuſseren Bedingungen unterworfen, soll z. B. der eine auf einer krummen Linie von doppelter Krümmung einhergehn, ein anderer auf einer gegebenen Fläche bleiben, sollen je zwei derselben, oder auch mehrere durch unveränderliche Stangen oder durch biegsame oder ausdehnbare Faden u. dgl. unter einander verbunden seyn, so wird man diese Bedingungen stets durch eine oder durch mehrere Gleichungen zwischen den Coordinaten x, y, z, x′..... ausdrücken können. Seyen

$$L=0, \quad L'=0, \quad L''=0 \ldots.$$

diese Bedingungsgleichungen, wo L, L′, L″..... gegebene

Functionen von x, y, z, x'... bezeichnen, so wird man, wenn man diese Gleichungen differentiirt, erhalten

$$\left.\begin{aligned}\left(\frac{dL}{dx}\right)\delta x+\left(\frac{dL}{dy}\right)\delta y+\left(\frac{dL}{dz}\right)\delta z+\left(\frac{dL}{dx'}\right)\delta x'+..=0\\ \left(\frac{dL'}{dx}\right)\delta x+\left(\frac{dL'}{dy}\right)\delta y+\left(\frac{dL'}{dz}\right)\delta z+\left(\frac{dL'}{dx'}\right)\delta x'+......=0\\ \left(\frac{dL''}{dx}\right)\delta x+\left(\frac{dL''}{dy}\right)\delta\ +\left(\frac{dL''}{dz}\right)\delta z+\left(\frac{dL''}{dx'}\right)\delta x'+.....=0\end{aligned}\right\}\ ..\ (II)$$

u. s. w.

Dieses vorausgesetzt sey m die Anzahl dieser Bedingungsgleichungen. Dann wird man also, mittelst dieser Bedingungsgleichungen (II) eine Anzahl m der Gröfsen δx, δy, dz, $\delta x'$.... aus der Gleichung (I) eliminiren. Die noch in (I) übrigbleibenden Gröfsen, deren Zahl also 3 n — m ist, werden, da sie unter sich unabhängig sind, ebenfalls 3 n — m Gleichungen geben, die, mit den m Gleichungen (II) verbunden, wieder eine Anzahl von 3 n Gleichungen geben, aus denen man, wie zuvor, die 3 n Gröfsen x, y, z, x'..... oder die Orte der n Körper, für den Fall des Gleichgewichts, vollständig bestimmen wird.

Statt dieser Elimination kann man bekanntlich auch die Gleichungen (II) nach der Ordnung durch einen unbestimmten Factor λ, λ', λ''.... multipliciren und diese Producte zu der Gleichung (I) addiren. Auf diese Weise erhält man folgende Gleichung:

$$\begin{aligned}&[X+\lambda\left(\frac{dL}{dx}\right)+\lambda'\left(\frac{dL'}{dx}\right)+..]dx\\ +&[Y+\lambda\left(\frac{dL}{dy}\right)+\lambda'\left(\frac{dL'}{dy}\right)+..]dy\\ +&[Z+\lambda\left(\frac{dL}{dz}\right)+\lambda'\left(\frac{dL'}{dz}\right)+..]dz\\ +&[X'+\lambda\left(\frac{dL}{dx'}\right)+\lambda'\left(\frac{dL'}{dx'}\right)+..]dx'+...=0....(III)\end{aligned}$$

oder da jetzt die Gröfse dx, dx', dx''.... alle unter einander unabhängig sind, und weil daher die letzte Gleichung eigentlich 3 n andern Gleichungen gleichgeltend ist, so erhält man, wenn man der Kürze wegen

$\lambda dL + \lambda' dL' + \lambda'' dL'' + = \Sigma.\lambda dL$ setzt, folgende 3n Gleichungen

$$\left.\begin{array}{l} X + \frac{1}{dx}\ \Sigma.\lambda dL = 0 \\ Y + \frac{1}{dy}\ \Sigma.\lambda dL = 0 \\ Z + \frac{1}{dz}\ \Sigma.\lambda dL = 0 \\ X' + \frac{1}{dx'}\ \Sigma.\lambda dL = 0 \text{ u. f.} \end{array}\right\} \ldots (III')$$

Eliminirt man dann aus diesen 3n Gleichungen die m unbestimmten Factoren λ, λ', λ''..., so erhält man 3n — m Gleichungen, die, mit den m Gleichungen (II) verbunden, wieder die 3n Gleichungen des Gleichgewichts geben. Sucht man aber statt dieser Elimination, aus den unmittelbar vorhergehenden Gleichungen die Werthe dieser Factoren λ, λ', λ''...., so wird man daraus diejenigen Kräfte bestimmen, die durch die gegebenen Verbindungen der Körper unter einander entstehn, z. B. den Druck dieser Körper gegen einander oder gegen die Curven und Flächen, auf welchen sie sich bewegen, oder die Spannung der Fäden, durch welche sie unter einander verbunden sind u. s. w. Setzt man nämlich, der Kürze wegen,

$$N^2 = \left(\frac{dL}{dx}\right)^2 + \left(\frac{dL}{dy}\right)^2 + \left(\frac{dL}{dz}\right)^2$$

und geht N über in $N_{,}$, $N_{,,}$ wenn L in L', L'' übergeht, so wird der Druck oder die Spannung, die der erste Körper des Systems, dessen Coordinaten x, y, z sind, durch seine Verbindung mit den übrigen Körpern von diesen übrigen erleidet, durch die Gröſsen

$$\lambda N,\ \lambda' N,\ \lambda'' N_{,,} \ldots.$$

ausgedrückt werden. Heiſst ebenso

$$N' = \left(\frac{dL}{dx'}\right)^2 + \left(\frac{dL}{dy'}\right)^2 + \left(\frac{dL}{dz'}\right)^2$$

und geht N' über in $N'_{,}$, $N'_{,,}$.. wenn L in L', L'' übergeht, so wird der Druck aller übrigen Körper auch den zweiten, dessen Coordinaten x', y' z' sind, gleich den Gröſsen

$$\lambda N',\ \lambda' N'_{,},\ \lambda'' N'_{,,}$$

seyn und so fort für alle übrigen.

B. Gleichgewicht der drehenden Bewegung.

Die vorhergehenden Gleichungen enthalten die Bedingungen, welche statt haben müssen, wenn das System keine *fortschreitende* Bewegung im Raume haben soll. Allein dann kann dieses System doch noch eine *drehende* Bewegung um einen Punct oder um einer Axe haben, und es ist daher, zum vollkommenen Gleichgewichte, auch noch nöthig, diese letzte Bewegung des Systems aufzuheben.

Nehmen wir an, daſs das System sich frei um eine der drei Coordinatenaxen, z. B. um die Axe der z, drehen kann, und suchen wir die Bedingung, welche dann statt haben muſs.

Nennt man $r, r', r'' \ldots$ die auf die Ebene der xy projicirten Entfernungen der körperlichen Puncte des Systems vom Anfange der Coordinaten, und $n, n', n'' \ldots$ die Winkel dieser Entfernungen mit der Axe der x, so hat man

$$x = r.\text{Cos}.\, n, \quad y = r.\text{Sin}.\, n$$
$$x' = r'.\text{Cos}.\, n', \quad y' = r'.\text{Sin}.\, n' \text{ u. s. w.}$$

Da bei einer Drehung des Systems um die Axe der z die Gröſsen $r, r', r'' \ldots$ constant bleiben, und alle Winkel $n, n', n'' \ldots$ sich um dieselbe Gröſse, die wir dn nennen wollen, ändern, so hat man für die durch diese Drehungen erzeugten Aenderungen die Coordinaten

$$dx = -y\,dn, \quad dy = x\,dn$$
$$dx' = -y'dn, \quad dy' = x'dn \text{ u. f.}$$

Wenn also das System sich frei um die Axe der z drehn soll, so wird der Winkel n von den innern Bedingungen des Systems unabhängig, und daher seine Aenderung dn ganz willkürlich bleiben. Daraus folgt, daſs in der allgemeinen Gleichung des Gleichgewichts

$$P\delta p + P'\delta p' + P''\delta p'' + \ldots = 0$$

diejenigen Glieder, welche in dn multiplicirt sind, zusammen gleich Null seyn müssen. Diese Glieder aber lassen sich offenbar durch die Gröſse $R\,dn$ darstellen, wenn man

$$R = P\left(\frac{dp}{dn}\right) + P'\left(\frac{dp'}{dn}\right) + P''\left(\frac{dp''}{dn}\right) + \ldots$$

annimmt. Um diesen Werth von R näher zu bestimmen, hat man durch die oben gegebenen Werthe von $p^2, p'^2, p''^2 \ldots$, wenn man die dort angenommenen Bezeichnungen beibehält,

$$p\,dp = (x - a)\,dx + (y - b)\,dy$$
$$p'dp' = (x' - a')\,dx' + (y' - b')\,dy' \text{ u. f.}$$

das heifst, wenn man die vorhergehenden Werthe von dx, dx'.... substituirt,

$$\left(\frac{dp}{dn}\right) = \frac{ay'' - bx}{p}, \quad \left(\frac{dp'}{dn}\right) = \frac{a'y' - b'x'}{p'} \text{ u. s. w.}$$

so dafs man daher hat

$$R = \frac{P}{p}(ay'' - bx) + \frac{P'}{p'}(a'y' - b'x') + \ldots.$$

Es war aber $\frac{x - a}{p} = \text{Cos.}\,\alpha$, $\frac{y'' - b}{p_1} = \text{Cos.}\,\beta$, oder

$$a = x - p\,\text{Cos.}\,\alpha, \quad b = y'' - p\,\text{Cos.}\,\beta, \text{ und daher}$$

$$\frac{P}{p}(ay - bx) = P(x\,\text{Cos.}\,\beta - y''\,\text{Cos.}\,\alpha)$$

wo wieder α, β, γ die Winkel sind, welche die Richtung p der Kraft P mit der Axe der x, y, z bildet. Ebenso erhält man für die zweite Kraft P' den Ausdruck

$$\frac{P'}{p'}(a'y' - b'x') = P'(x'.\text{Cos.}\,\beta' - y'.\text{Cos.}\,a')\text{ u. s. w.,}$$

so dafs daher der vorhergehende Ausdruck von R in den folgenden übergeht,

$$R = P(x\,\text{Cos.}\,\beta - y.\text{Cos.}\,\alpha) + P'(x'.\text{Cos.}\,\beta' - y''\,\text{Cos.}\,\alpha') + \ldots.$$

oder, wie man der Kürze wegen schreiben kann,

$$R = \Sigma.P\,(x.\text{Cos.}\,\beta - y.\text{Cos.}\,\alpha)$$

und die gesuchte Bedingungsgleichung der ungehinderten Drehung des Systems um die Axe der z wird daher

$$\Sigma.P(x.\text{Cos.}\,\beta - y.\text{Cos.}\,\alpha) = 0 \ldots (a)$$

seyn. Ganz analoge Ausdrücke wird man auch für die Bedingung der freien Bewegung um die Axe der y'' und der x erhalten, wenn man in der letzten Gleichung die Gröfse x, y, α, β in z, x, γ, α und in y, z, β, γ verwandelt, so dafs man also für die freie Drehung um die Axe der y'' haben wird

$$\Sigma.P(z.\text{Cos.}\,\alpha - x.\text{Cos.}\,\gamma) = 0 \ldots (b)$$

und um die Axe der x

$$\Sigma.P(y''.\text{Cos.}\,\gamma - z.\text{Cos.}\,\beta) = 0 \ldots (c)$$

Haben daher alle drei letzten Gleichungen zusammen statt, so wird sich das System um jede der drei Coordinatenaxen frei drehen können, oder, was dasselbe ist, es wird in dem Systeme keine gezwungene Drehung statt finden, das System

wird, in Beziehung auf seine Rotation, im Gleichgewichte stehn, weil die gegebenen Kräfte $P . P' . P'' ..$ in dem Systeme keine drehende Bewegung erzeugen.

Nehmen wir nun alles Vorhergehende zusammen, und setzen wir der Kürze wegen

$$H = P . \text{Cos.}\,\alpha + P' . \text{Cos.}\,\alpha' + P'' . \text{Cos.}\,\alpha'' +$$
$$I = P\ \text{Cos.}\,\beta + P' . \text{Cos.}\,\beta' + P'' . \text{Cos.}\,\beta'' +$$
$$K = P\ \text{Cos.}\,\gamma + P'\ \text{Cos.}\,\gamma' + P''\ \text{Cos.}\,\gamma'' +$$
$$L = P\ (x\,\text{Cos.}\,\beta - y\,\text{Cos.}\,\alpha) + P'(x' . \text{Cos.}\,\beta' - y'\,\text{Cos.}\,\alpha') +$$
$$M = P\ (z\,\text{Cos.}\,\alpha - x\,\text{Cos.}\,\gamma) + P'\,(z'\,\text{Cos.}\,\alpha' - x' . \text{Cos.}\,\gamma') +$$
$$N = P\ (y\,\text{Cos.}\,\gamma - z\,\text{Cos.}\,\beta) + P'\,(y'\,\text{Cos.}\,\gamma' - z'\,\text{Cos.}\,\beta') +$$

Dieses vorausgesetzt hat man bei einem durch keine äußeren Bedingungen beschränkten Systeme für das Gleichgewicht der fortschreitenden Bewegung

$$\left.\begin{array}{l} H = 0 \\ I = 0 \\ K = 0 \end{array}\right\} \ldots (\text{III})$$

die mit den Gleichungen (I) oder (III) zusammenfallen, wenn, wie hier vorausgesetzt wird, das System in seinem Innern frei ist, oder wenn die Gröfsen $L, L', L'' \ldots\ldots$ gleich Null sind.

Für das Gleichgewicht der drehenden Bewegung aber hat man die analogen drei Gleichungen

$$\left.\begin{array}{l} L = 0 \\ M = 0 \\ N = 0 \end{array}\right\} \ldots (\text{IV})$$

I. Wenn die sämmtlichen körperlichen Puncte des Systems, so wie die Richtungen aller Kräfte, zwar unter sich verschieden, aber doch in einer und derselben Ebene sind, so kann man für diese Ebene eine der drei Coordinatenebenen annehmen. Wählt man z. B. die Ebene der xz, so sind in den vorhergehenden Gleichungen alle y gleich Null, alle β gleich 90° und endlich alle γ die Complemente zu 90° von ihnen α, so daſs also dann die vorhergehenden sechs Gleichungen in folgende drei übergehen

$$\left.\begin{array}{l} H = 0 \\ K = 0 \\ M = 0 \end{array}\right\} \text{oder, was dasselbe ist, } \left.\begin{array}{l} \Sigma . P . \text{Cos.}\,\alpha = 0 \\ \Sigma . P . \text{Sin.}\,\alpha = 0 \\ \Sigma . P(z\,\text{Cos.}\,\alpha - x\,\text{Sin.}\,\alpha) = 0 \end{array}\right\}$$

II. Wenn die Richtungen aller Kräfte in einem und demselben Puncte zusammenlaufen, den man als den Anfangspunct der Coordinaten nimmt, so sind die Gröſsen x, y, z .... den Cosinus der Winkel α, β, γ .. proportionirt und man hat $\frac{x}{y} = \frac{\text{Cos.}\,\alpha}{\text{Cos.}\,\beta}$, $\frac{x}{z} = \frac{\text{Cos.}\,\alpha}{\text{Cos.}\,\gamma}$ u. s. w., so daſs man also für das Gleichgewicht eines einzelnen Punctes unter der Wirkung der Kräfte P, P', P'' .... hat

$$H = 0, \quad I = 0, \quad K = 0$$

übereinstimmend mit den Gleichungen (I).

III. Sind die Richtungen aller Kräfte unter sich parallel, aber in verschiedenen Ebenen gelegen, so kann man für diese Richtung eine der drei Axen, z. B. die der z, annehmen. Dann ist $\gamma = 0$ und $\alpha = \beta = 90^\circ$ und die drei ersten unserer Gleichungen gehen in folgende einzelne über:

$$P + P' + P'' + .. = 0,$$

während die drei letzten (IV) folgende zwei geben:

$$Px + P'x' + P''x'' + ... = 0,$$
$$Py + P'y' + P''y'' + ... = 0,$$

so daſs man also für parallele, in verschiedenen Ebenen liegende Kräfte, für den Fall des Gleichgewichts, die drei Gleichungen hat

$$\Sigma.P = 0, \quad \Sigma.Px = 0, \quad \Sigma.Py = 0.$$

IV. Liegen endlich die sämmtlichen, mit der Axe der z parallelen Kräfte auch noch in derselben Ebene, so kann man dafür die Ebene der xz annehmen, und dann hat man $y = \gamma = 0$ und $\alpha = \beta = 90^\circ$, also auch für das Gleichgewicht des Systems die zwei Gleichungen

$$\Sigma.P = 0, \quad \Sigma.Px = 0.$$

V. Wenn aber die gegebenen Kräfte P, P', P'' .... nicht im Stande sind, das Gleichgewicht des Systems zu erzeugen, so kann es doch eine andere Kraft R geben, welche, mit jenen Kräften verbunden, das Gleichgewicht des Systems herstellt. Seyen A, B, C die Winkel, welche die Richtung dieser Kraft R mit den Axen der x, y, z bildet, und X, Y, Z die analogen Coordinaten des Angriffspunctes oder des sogenannten Mittelpunctes dieser Kraft R. Da man sonach R als die Resultante aller der Kräfte P, P', P'' .. ansehen kann, so wird sie, wenn man sie in entgegengesetzter Richtung nimmt,

diesen andern Kräften das Gleichgewicht halten oder das System wird unter der Wirkung der gegebenen Kräfte P, P′, P″.... und der neuen Kraft — R im Gleichgewichte seyn sollen. Dann wird aber die erste der Gleichungen (I) in folgende übergehn

$$-R \,\text{Cos.}\, A + P \,\text{Cos.}\, \alpha + P' \,\text{Cos.}\, \alpha' + \ldots\ldots = 0 \text{ oder } H = R \,.\, \text{Cos.} A,$$

so dafs daher die drei Gleichungen (III) jetzt so geschrieben werden können

$$\left.\begin{aligned} H - R\,.\,\text{Cos.}\, A = 0 \\ I - R\,.\,\text{Cos.}\, B = 0 \\ K - R\,.\,\text{Cos.}\, C = 0 \end{aligned}\right\} \ldots (V)$$

Ebenso wird man auch statt der Gleichungen (IV) die drei folgenden erhalten

$$L = R(X \,\text{Cos.}\, B - Y \,\text{Cos.}\, A),$$
$$M = R(Z \,\text{Cos.}\, A - X \,\text{Cos.}\, C),$$
$$N = R(Y \,\text{Cos.}\, C - Z \,\text{Cos.}\, B),$$

für welche man nach den so eben erhaltenen Gleichungen (V) auch die drei folgenden substituiren kann

$$\left.\begin{aligned} HY - IX + L = 0 \\ KX - HZ + M = 0 \\ IZ - KY + N = 0 \end{aligned}\right\} \ldots (VI)$$

so dafs also diese sechs Gleichungen (V) und (VI) statt haben müssen, wenn zwischen den Kräften P, P′, P″.... und — R Gleichgewicht seyn soll.

Ob es eine solche Kraft R giebt, wird dadurch entschieden, dafs die Bedingungsgleichung statt hat

$$KL + IM + HN = 0.$$

Geschieht dieser Gleichung Genüge, so hat man dann für die Gröfse der gesuchten Kraft

$$R = \sqrt{H^2 + I^2 + K^2}$$

und für die Richtung derselben

$$\text{Cos.}\, A = \frac{\Sigma . P \,\text{Cos.}\, \alpha}{R}; \quad \text{Cos.}\, B = \frac{\Sigma . P \,\text{Cos.}\, \beta}{R}; \quad \text{Cos.}\, C = \frac{\Sigma . P . \text{Cos.}\, \gamma}{R}.$$

VI. Bisher ist das System in allen seinen Puncten frei oder durch keine besondern Nebenbedingungen beschränkt angenommen worden. Es soll nun in irgend einem seiner Puncte fest seyn. Man kann, ohne der Allgemeinheit der Untersuchung

Eintrag zu thun, voraussetzen, dafs dieser feste Punct zugleich der Anfang der Coordinaten ist. Da diese Voraussetzung alle progressive Bewegung des Systems aufhebt, so fallen für diesen Fall die drei Gleichungen (III) als überflüssig weg und das Gleichgewicht des Systems wird blofs durch die Gleichungen (IV) bedingt seyn, d. h. man wird für das Gleichgewicht des Systems die drei Gleichungen haben

$$L = 0, \quad M = 0, \quad N = 0.$$

Ueberdiefs wird der feste Punct durch die Wirkungen der gegebenen Kräfte P, P′, P″.... einen Druck R erfahren, dessen Gröfse durch den Ausdruck

$$R = \sqrt{H^2 + I^2 + K^2}$$

und dessen Richtung durch die Winkel A, B, C aus den drei Gleichungen (V) bestimmt wird.

VII. Ist das System in zwei Puncten fest, so kann es sich nur noch um die durch diese zwei Puncte gehende Axe drehen. Nimmt man diese Rotationsaxe für die Axe der z, so wird man für die Bedingung des Gleichgewichts die einzige Gleichung haben:

$$L = 0 \text{ oder } \Sigma . P (x \operatorname{Cos}.\beta - y \operatorname{Cos}.\alpha) = 0.$$

VIII. In allem Vorhergehenden sind endlich die Körper des Systems als blofse körperliche Puncte ohne Ausdehnung angenommen worden, die unter sich auf irgend eine Art verbunden oder auch ganz frei sind. Um aber dieselben Ausdrücke auch auf die Körper der Natur, von gegebener Ausdehnung und Gestalt, anwenden zu können, werden wir diese Körper als Systeme von unendlich nahe an einander liegenden körperlichen Puncten betrachten, deren jeder als ein Element der Masse des ganzen Körpers angesehn wird. Nennt man also m die Masse des ganzen Körpers und dm die Masse eines Elements desselben, so wird man, nach dem Geiste der Differentialrechnung, die bisher gebrauchten Gröfsen P, P′, P″....., welche die auf die einzelnen Puncte des Systems gerichteten Kräfte vorstellen, durch diese Elementarmassen multipliciren, so dafs P dm, P′ dm, P″ dm... die Kräfte vorstellen werden, welche das Element dm nach den Richtungen p, p′, p″.... zu bewegen suchen, und dafs daher die allgemeine Gleichung des Gleichgewichts eines dieser Elemente seyn wird

$$(P \delta p + P' \delta p' + P'' \delta p'' + \ldots) \, dm = 0$$

und so fort für die übrigen Elemente. Man unterscheidet hier, wie sich zeigt, zweierlei Arten Differentialien. Die einen, durch d bezeichneten, beziehn sich blofs auf die Ausdehnung des Körpers oder auf die verschiedenen Elemente desselben. Da diese identisch mit jenen sind, welche man in der Geometrie zu betrachten pflegt, so nennt man sie auch die *geometrischen Differentialien*, während die durch δ angezeigten sich blofs auf die Räume oder auf die Wege beziehn, welche die Elemente des Körpers in jedem Augenblicke zurücklegen, und daher auch die *mechanischen Differentialien* genannt werden.

So wie nun der vorhergehende Ausdruck die Bedingung des Gleichgewichts für jedes einzelne Element des Körpers enthält, so wird auch, nach dem Geiste der Integralrechnung, die Bedingung des Gleichgewichts des ganzen Körpers erhalten werden, wenn man von jener Gleichung das Integral in Beziehung auf die ganze Masse des Körpers sucht. Drückt man also dieses Integral durch S aus, so wird man für das Gleichgewicht des ganzen Körpers haben

$$S.(P.\delta p + P'.\delta p' + P''.\delta p'' + \,.\,.)\, dm = 0.$$

Nennt man nun wieder x, y, z die Coordinaten eines auf den ersten Körper des Systems sich beziehenden Punctes und X, Y, Z die mit diesen Coordinaten parallelen, auf den ersten Körper wirkenden Kräfte; bezeichnet man ferner dieselben Gröfsen x, y, z und X, Y, Z für den zweiten und dritten Körper durch einen und zwei Striche, und so fort für alle übrigen Körper des Systems, deren Massen m, m', m''.... sind, und nennt man endlich $L=0$, $L'=0$, $L''=0 \ldots$ die äufsern Bedingungen, welchen diese Körper unterworfen sind, so hat man für die Bedingung des Gleichgewichts folgende, den vorhergehenden Gleichungen (III) analoge Ausdrücke:

$$S[X\,dm + \frac{1}{dx}\,\Sigma.\lambda\,dL] = 0$$

$$S[Y\,dm + \frac{1}{dy}\,\Sigma.\lambda\,dL] = 0$$

$$S[Z\,dm + \frac{1}{dz}\,\Sigma.\lambda\,dL] = 0$$

$$S[X'dm' + \frac{1}{dx'}\,\Sigma.\lambda\,dL] = 0 \text{ u. s. w.}$$

wo der Kürze wegen gesetzt worden ist

$$\frac{1}{dx}\,\Sigma.\lambda\,dL = \lambda\left(\frac{dL}{dx}\right) + \lambda'\left(\frac{dL'}{dx}\right) + \lambda''\left(\frac{dL''}{dx}\right) + \ldots$$

$$\frac{1}{dx'}\,\Sigma.\lambda\,dL = \lambda\left(\frac{dL}{dx'}\right) + \lambda'\left(\frac{dL'}{dx'}\right) + \lambda''\left(\frac{dL''}{dx''}\right) + \text{u. s. w.}$$

und diese Ausdrücke werden dann ebenso behandelt werden, wie oben von den Gleichungen (III) gesagt worden ist.

Hat man also z. B. nur einen einzigen Körper, auf welchen die Kräfte X, Y, Z nach den Richtungen der drei Coordinaten wirken, so hat man für das Gleichgewicht dieses Körpers die drei Gleichungen

$$S.X\,dm = 0,\quad S.Y\,dm = 0,\quad S.Z\,dm = 0.$$

Soll aber der Körper auf einer krummen Fläche, deren Gleichung $L = 0$ ist, unter der Einwirkung der vorigen Kräfte im Gleichgewichte bleiben, so hat man

$$S.\left[X\,dm + \lambda\left(\frac{dL}{dx}\right)\right] = 0,$$

$$S.\left[Y\,dm + \lambda\left(\frac{dL}{dy}\right)\right] = 0,$$

$$S.\left[Z\,dm + \lambda\left(\frac{dL}{dz}\right)\right] = 0.$$

Soll endlich derselbe Körper auf der krummen Linie, deren Gleichungen $L = 0$ und $L' = 0$ sind, im Gleichgewichte bleiben, so hat man

$$S.\left[X\,dm + \lambda\left(\frac{dL}{dx}\right) + \lambda'\left(\frac{dL'}{dx}\right)\right] = 0,$$

$$S.\left[Y\,dm + \lambda\left(\frac{dL}{dy}\right) + \lambda'\left(\frac{dL'}{dy}\right)\right] = 0,$$

$$S.\left[Z\,dm + \lambda\left(\frac{dL}{dz}\right) + \lambda'\left(\frac{dL'}{dz}\right)\right] = 0,$$

und so fort in allen ähnlichen Fällen. Wenn diese Gleichungen statt haben, so wird der Körper oder das System der Körper, in Beziehung auf seine fortschreitende Bewegung im Raume, im Gleichgewichte seyn. Um dann noch auszudrücken, daſs der Körper auch in Beziehung auf seine drehende Bewegung im Gleichgewichte ist, wird man den vorigen Ausdrücken noch die drei Gleichungen (a), (b), (c) hinzufügen.

Da man nämlich hat $X = P \,\text{Cos.}\, \alpha$, $Y = P \,\text{Cos.}\, \beta$, $Z = P \,\text{Cos.}\, \gamma$, und da man, wie bereits erwähnt, bei einem Körper von gegebener Gestalt statt X, Y, Z die Gröſsen Xdm, Ydm, Zdm substituiren muſs, so werden diese Gleichungen des Gleichgewichts für die drehende Bewegung des Körpers die folgenden seyn:

$$S.[Xy - Yx]dm = 0,$$
$$S.[Zx - Xz]dm = 0,$$
$$S.[Yz - Zy]dm = 0.$$

Das Vorhergehende enthält die vorzüglichsten allgemeinen Theoreme der Statik. Die weitere Ausführung und Anwendung derselben auf besondere Fälle würde für diesen Ort nicht geeignet seyn.

IV. Grundzüge der Dynamik.

A. Gleichungen der fortschreitenden Bewegung.

Ehe wir diese Gleichungen mittheilen, wird es angemessen seyn, einige allgemeine Bemerkungen vorauszuschicken.

Wir wollen im Folgenden den von einem körperlichen Puncte in der Zeit t durchlaufenen Raum durch s, die Geschwindigkeit dieses bewegten Punctes am Ende der Zeit t durch v, die Masse dieses körperlichen Punctes durch m und endlich die Kraft, welche auf den Punct wirkt, durch P bezeichnen. Die Zeit wollen wir, der allgemeinen Annahme gemäſs, als gleichförmig fortgehend betrachten, also ihr erstes Differential dt constant und daher auch alle höhere Differentialien derselben gleich Null voraussetzen.

Zwischen diesen Gröſsen haben wir bereits oben die Gleichungen (B) und (C) erhalten, nämlich

$$v = \frac{ds}{dt} \ldots (B)$$

und

$$P = \frac{dv}{dt} = \frac{d^2 s}{dt^2} \ldots (C),$$

so daſs demnach die Geschwindigkeit v gleich dem ersten und die Kraft P gleich dem zweiten Differential des Raumes in Beziehung auf die Zeit ist.

Dieses vorausgesetzt, nennt man

P oder $\frac{dv}{dt}$ die beschleunigende Kraft (*force accéleratrice*), oder denjenigen Theil der immer thätigen, auf den körperlichen Punct ununterbrochen wirkenden Kraft, der in diesem Puncte während der unendlich kleinen Zeit dt die unendlich kleine Geschwindigkeit dv erzeugt. Ebenso heifst

dv oder Pdt der Zuwachs der Geschwindigkeit (*l'accroissement de la vitesse*) des bewegten Punctes während der Zeit dt;

die Gröfse mP aber oder m . $\frac{dv}{dt}$ heifst die bewegende Kraft (*force motrice*) und endlich

mdv oder m.Pdt die Gröfse der Bewegung (*quantité de mouvement*) des körperlichen Punctes, dessen Masse m und dessen Geschwindigkeitszuwachs dv in der Zeit dt ist.

Die *beschleunigende Kraft* P ist daher nichts anderes, als die bewegende Kraft, auf die Einheit der Masse, auf das Element eines Körpers bezogen. Die Gröfse P ist nämlich die auf jedes einzelne Element des Körpers und die Gröfse mP ist die auf die ganze Masse des Körpers wirkende, d. h. die den Körper *bewegende Kraft*.

Die bewegende Kraft wird zum *Druck*, wenn die bewegte Masse sich auf eine Ebene stützt, welche auf die Richtung ihrer Bewegung senkrecht ist. Bewegende Kraft und Druck sind daher nur darin unterschieden, dafs die unendlich kleinen Geschwindigkeiten, die der Druck in jedem Augenblicke dt hervorzubringen strebt, durch den Widerstand der Unterlage sogleich aufgehoben werden, während im Gegentheile diejenigen unendlich kleinen Geschwindigkeiten, die von der bewegenden Kraft in jedem Zeittheilchen dt hervorgebracht werden, sich in der That in dem Körper anhäufen und dadurch demselben, während einer endlichen Zeit t, auch eine endliche Geschwindigkeit v ertheilen. Das *Gewicht* eines der anziehenden Kraft der Erde ausgesetzten Körpers ist der Druck, welchen dieser Körper gegen seine horizontale Unterlage ausübt, und dieses Gewicht ist daher auch zugleich die *bewegende Kraft;* die Schwere aber, welche diesen Druck in je-

dem Elemente des Körpers erzeugt, ist die *accelerirende* Kraft des Körpers.

Ist also P die accelerirende Kraft, welche auf irgend einen Punct eines Systems wirkt, so würde durch diese Kraft der Punct, wenn er ganz frei sich bewegen kann, während der unendlich kleinen Zeit dt eine Vermehrung seiner Geschwindigkeit gleich Pdt erhalten. Allein vermöge der Verbindungen dieses Punctes mit den andern Puncten des Systems (durch Stangen, Fäden oder auch durch die bloſse Anziehung dieser Puncte unter einander) wird jener erste Punct während der Zeit dt einen ganz andern Zuwachs seiner Geschwindigkeit erhalten, den wir einstweilen durch dv bezeichnen wollen.

Es ist also Pdt der Zuwachs der Geschwindigkeit des freien und dv die in der That statt habende Geschwindigkeit des durch äuſsere Hindernisse gehemmten Punctes des Systems, also ist auch $Pdt - dv$ als eine verloren gegangene Geschwindigkeit zu betrachten.

So wie aber, nach der oben angeführten Gleichung $P = \frac{dv}{dt}$, allgemein der unendlich kleine Zuwachs der Geschwindigkeit dv, durch das Element dt der Zeit dividirt, die accelerirende Kraft bezeichnet, so wird also auch die unendlich kleine verlorne Geschwindigkeit $Pdt - dv$ durch das Element der Zeit dividirt oder so wird auch die Gröſse $P - \frac{dv}{dt}$ die accelerirende Kraft bezeichnen, welche diese Geschwindigkeit zu erzeugen im Stande ist, und da, nach dem Vorhergehenden, die bewegende Kraft, die auf einen Körper wirkt, dessen Masse $= m$ ist, gleich dem Producte dieser Masse in die accelerirende Kraft ist, so wird endlich auch $m\left(P - \frac{dv}{dt}\right)$ diejenige bewegende Kraft bezeichnen, die auf den ersten Körper des Systems wirkt, und welche, vermöge der äuſseren Bedingungen, denen das System unterworfen seyn soll, verloren gegangen ist.

Ebenso wird man für die verlorene bewegende Kraft der auf den zweiten Körper des Systems wirkenden Kraft haben $m'\left(P' - \frac{dv'}{dt}\right)$, und für den dritten Körper $m''\left(P'' - \frac{dv''}{dt}\right)$ und so fort für alle übrigen.

Da aber das System, wenn bloſs diese verlornen Kräfte auf dasselbe einwirken sollten, nothwendig im Gleichgewichte bleiben müſste, so wird man nach der oben angeführten allgemeinen Gleichung (A) für das Gleichgewicht des unter der Einwirkung dieser verlornen Kräfte stehenden Systems haben

$$\left(P-\frac{dv}{dt}\right)m\delta p+\left(P'-\frac{dv'}{dt}\right)m'\delta p'+\left(P''-\frac{dv''}{dt}\right)m''\delta p''+\ldots=0,$$

wo wieder p, p', p''...... die Richtungen der Kräfte P, P', P''.. bezeichnen.

Dieses vorausgesetzt läſst sich nun für den ersten Körper, dessen Masse m ist, die auf ihn wirkende Kraft in drei andere X, Y, Z nach den Richtungen von drei unter sich senkrechten Coordinaten zerlegen. Sind dann α, β, γ die Winkel, welche die Richtung p dieser Kraft P mit den Axen der x, y, z bildet, so hat man, wie oben,

$$\delta p=\delta x\,\mathrm{Cos.}\,\alpha+\delta y\,\mathrm{Cos.}\,\beta+\delta z\,\mathrm{Cos.}\,\gamma,$$

also auch

$$P\delta p=\delta x\,.\,P\,\mathrm{Cos.}\,\alpha+\delta y\,.\,P\,\mathrm{Cos.}\,\beta+\delta z\,.\,P\,\mathrm{Cos.}\,\gamma,$$

oder, da

$$P\,\mathrm{Cos.}\,\alpha=X,\quad P\,\mathrm{Cos.}\,\beta=Y,\quad P\,\mathrm{Cos.}\,\gamma=Z \text{ ist},$$

$$P\delta p=X\delta x+Y\delta y+Z\delta z.$$

Weiter hat man nach dem Vorhergehenden die allgemeine Gleichung $v=\frac{ds}{dt}$, also auch, da dt constant ist, $dv=\frac{d^2s}{dt}$ und daher

$$dv\delta p=\frac{d^2s}{dt}(\delta x\,\mathrm{Cos.}\,\alpha+\delta y\,\mathrm{Cos.}\,\beta+\delta z\,\mathrm{Cos.}\,\gamma).$$

Es ist aber $dx=ds\,\mathrm{Cos.}\,\alpha$; $dy=ds\,\mathrm{Cos.}\,\beta$; $dz=ds\,\mathrm{Cos.}\,\gamma$, also auch, da α, β, γ constante Gröſsen sind,

$$d^2x=d^2s\,\mathrm{Cos.}\,\alpha;\quad d^2y=d^2s\,\mathrm{Cos.}\,\beta;\quad d^2z=d^2s\,\mathrm{Cos.}\,\gamma,$$

so daſs man daher hat

$$dv\delta p=\frac{d^2x}{dt}.\delta x+\frac{d^2y}{dt}.\delta y+\frac{d^2z}{dt}.\delta z.$$

Nimmt man diese beiden Ausdrücke $P\delta p$ und $dv\delta p$ zusammen, so erhält man für das erste Glied der vorhergehenden Gleichung des Gleichgewichts

$$\left(P - \frac{dv}{dt}\right) m\,\delta p = m\left(X - \frac{d^2x}{dt^2}\right)\delta x + m\left(Y - \frac{d^2y}{dt^2}\right)\delta y + m\left(Z - \frac{d^2z}{dt^2}\right)\delta z$$

und ebenso wird man für das zweite Glied dieser Gleichung erhalten

$$\left(P' - \frac{dv'}{dt}\right) m'\,\delta p' = m'\left(X' - \frac{d^2x'}{dt^2}\right)\delta x' + m'\left(Y' - \frac{d^2y'}{dt^2}\right)\delta y' + m'\left(Z - \frac{d^2z'}{dt^2}\right)\delta z',$$

und so fort für alle folgende Glieder, so dafs man daher, wenn man die Summe derselben nimmt, für die allgemeine Gleichung des Gleichgewichts erhält

$$\Sigma m\left(X - \frac{d^2x}{dt^2}\right)\delta x + \Sigma m\left(Y - \frac{d^2y}{dt^2}\right)\delta y + \Sigma m\left(Z - \frac{d^2z}{dt^2}\right)\delta z = 0 \;..\; \text{(VII)},$$

wo das Zeichen Σ sich auf alle Körper des Systems erstreckt, deren Massen m, m', m''..... sind, so dafs man z. B. hat

$$\Sigma m\left(X - \frac{d^2x}{dt^2}\right)\delta x = m\left(X - \frac{d^2x}{dt^2}\right)\delta x + m'\left(X' - \frac{d^2x'}{dt^2}\right)\delta x' + m''\left(X'' - \frac{d^2x''}{dt^2}\right)\delta x'' + \ldots \text{u. s. w.}$$

Da nun die Gröfsen δx, $\delta x'$, $\delta x''$.. und ebenso δy, δz.. von einander im Allgemeinen unabhängig sind, so wird man die Factoren dieser Gröfsen in der Gleichung (VII) jeden für sich gleich Null setzen und dadurch für jeden Körper des Systems drei Gleichungen erhalten.

Da aber die Gröfse dv, der Voraussetzung gemäfs, die in der That statt habende Zunahme der Geschwindigkeit des ersten Körpers während der Zeit dt ist, nämlich diejenige Zunahme, welche den gegebenen Beschränkungen der Bewegung dieses Körpers oder den Nebenbedingungen der Aufgabe entspricht, so werden auch die von dv abhängigen oder aus dv abgeleiteten Gröfsen d^2x, d^2y, d^2z die in der That statt habenden Zunahmen des Weges seyn, welchen der Körper, unter der Wirkung der auf ihn wirkenden Kräfte und der

aus den Bedingungen seiner Bewegung folgenden Beschränkungen, nach den drei Richtungen der x, y und z zurücklegt.

Kann man daher auf irgend eine Art durch Integralrechnung dahin gelangen, aus der gegebenen Gleichung, die in Beziehung auf x, y und z für den ersten Körper eine Differentialrechnung der zweiten Ordnung oder eigentlich drei solchen Differentialgleichungen gleichgeltend ist, die ihr entsprechenden drei Differentialgleichungen der ersten Ordnung abzuleiten, oder die Werthe von dx, dy und dz in Functionen der Zeit t zu finden, so erhält man dadurch auch den Werth von

$$\sqrt{\frac{dx^2 + dy^2 + dz^2}{dt^2}} \text{ oder von } \frac{ds}{dt}$$

als Function von t, das heifst, man wird die *Geschwindigkeit* $v = \frac{ds}{dt}$ des Körpers in seiner Bahn für jede Zeit t angeben können.

Integrirt man dann diese drei Differentialgleichungen der ersten Ordnung noch einmal, so erhält man drei andere endliche Gleichungen, welche die Werthe von x, y und z, das *heifst*, welche den *Ort* des Körpers in seiner Bahn für jede Zeit t angeben. Eliminirt man endlich aus den letzten drei endlichen Gleichungen zwischen x, y, z und t diese letzte Gröfse oder die Zeit t, so erhält man zwei andere endliche Gleichungen blofs zwischen x, y und z, welche daher die Gleichungen der *Bahn* sind, in welcher der Körper während seiner Bewegung einhergeht.

Dasselbe wird auch von jedem der übrigen Körper des Systems gelten.

Bisher sind die Nebenbedingungen der Aufgabe in der Gleichung (VII) noch nicht ausdrücklich angezeigt worden. Nehmen wir nun an, dafs diese Bedingungen durch die Gleichungen ausgedrückt werden

$$L = 0, \quad L' = 0, \quad L'' = 0 \ldots,$$

wo L, L', L''.... Functionen von x, y, z, x'...... bezeichnen, so wird das Differential der ersten dieser Gleichungen die Form haben

$$dL = \left(\frac{dL}{dx}\right)\delta x + \left(\frac{dL}{dy}\right)\delta y + \left(\frac{dL}{dz}\right)\delta z + \left(\frac{dL}{dx'}\right)\delta x' + \ldots = 0$$

und ebenso für die folgenden dL', dL'' u. s. w. Fügt man

dann, ganz nach dem oben in der Statik gezeigten Verfahren, der Gleichung (VII) noch den Ausdruck

$$\lambda d L + \lambda' d L' + \lambda'' d L'' + \ldots.$$

hinzu, und da jetzt, wo die Rücksicht auf die Nebenbedingungen der Aufgabe bereits genommen ist, die Gröſsen δx, δy, δz, so wie $\delta x'$, $\delta x''$..... alle von einander ganz unabhängig sind, so wird man für die gesuchten Gleichungen der Bewegung des Systems erhalten

$$\left.\begin{aligned} m\frac{d^2x}{dt^2} &= mX + \frac{1}{dx}\Sigma.\lambda dL = 0 \\ m\frac{d^2y}{dt^2} &= mY + \frac{1}{dy}\Sigma.\lambda dL = 0 \\ m\frac{d^2z}{dt^2} &= mZ + \frac{1}{dz}\Sigma.\lambda dL = 0 \\ m'\frac{d^2x'}{dt'^2} &= m'X' + \frac{1}{dx'}\Sigma.\lambda dL = 0 \text{ u. s. w.} \end{aligned}\right\} \ldots \text{(VIII)}$$

wo wieder

$$\Sigma.\lambda dL = \lambda dL + \lambda' dL' + \lambda'' dL'' + \ldots,$$

also auch

$$\frac{1}{dx}\Sigma.\lambda dL = \lambda\left(\frac{dL}{dx}\right) + \lambda'\left(\frac{dL'}{dx}\right) + \lambda''\left(\frac{dL''}{dx}\right) + \ldots.$$

$$\frac{1}{dx'}\Sigma.\lambda dL = \lambda\left(\frac{dL}{dx'}\right) + \lambda'\left(\frac{dL'}{dx'}\right) + L''\left(\frac{dL''}{dx'}\right) + \text{u. s. w.}$$

Diese mit den Gleichungen (III) analogen Ausdrücke werden ganz ebenso behandelt, wie oben von den Gleichungen (III) selbst gesagt worden ist.

Das Vorhergehende bezieht sich, wie man sieht, bloſs auf die *progressive* Bewegung der Körper. So wie aber die dynamischen Gleichungen (VIII) aus den analogen statischen entstanden sind, indem man den letzten noch die Gröſsen

$$-\Sigma m\frac{d^2x}{dt^2}, -\Sigma m\frac{d^2y}{dt^2}, -\Sigma m\frac{d^2z}{dt^2}$$

hinzufügte, so wird man auch die Gleichungen für die *drehende* Bewegung der Körper erhalten, wenn man in den Gleichungen (a), (b), (c), welche die Bedingungen des Gleichgewichts in Beziehung auf die drehende Bewegung enthalten, ebenfalls statt X, Y, Z die Gröſsen

$$X - \frac{d^2 x}{dt^2},\ Y - \frac{d^2 y}{dt^2},\ Z - \frac{d^2 z}{dt^2},$$

und statt des Summenzeichens Σ das Integrationszeichen S setzt, und endlich alle Glieder der Gleichung durch das Differential der Masse m des Körpers multiplicirt, so daſs man daher für die Gleichungen, welche die rotirende Bewegung des Körpers bestimmen, folgende Ausdrücke erhält:

$$\left.\begin{aligned} S\left(\frac{x d^2 y - y d^2 x}{dt^2}\right) dm &= S(Yx - Xy)\, dm \\ S\left(\frac{z d^2 x - x d^2 z}{dt^2}\right) dm &= S(Xz - Zx)\, dm \\ S\left(\frac{y d^2 z - z d^2 y}{dt^2}\right) dm &= S(Zy - Yz)\, dm \end{aligned}\right\} \ldots \text{(IX)}$$

Die Gleichungen (VIII) und (IX) sind die allgemeinsten, welche man über die Bewegung der Körper aufgestellt hat, und sie enthalten im Grunde die Auflösung aller Aufgaben, die in der Dynamik fester Körper vorkommen. Ihre Entwickelungen für besondere Fälle können hier keinen Ort finden, so wenig, als die Ueberwindung der Schwierigkeiten, welche die Integrationen dieser Gleichungen dargeboten haben, und die auch bisher groſsentheils für den gegenwärtigen Zustand unserer Analysis für unüberwindlich gehalten werden müssen. Darin liegt einer der wichtigsten Beweggründe, warum alle diejenigen, welche die Kraft dazu in sich fühlen, zur Vervollkommnung dieser Analysis beitragen sollen. Hier wird es zur Vervollständigung des vorhergehenden Abrisses der Statik sowohl, als auch der Dynamik, hinreichen, noch einige allgemeine Bemerkungen über die Probleme, die man in beiden Wissenschaften aufstellen kann, nachzutragen und dadurch eine nähere Darstellung und Uebersicht des Inhalts derselben zur Kenntniſs der Leser zu bringen. Die Statik und Dynamik der flüssigen Körper ist hier ganz übergangen worden, weil diese beiden Gegenstände schon früher, in der ersten Abtheilung des fünften Bandes dieses Werkes, unter den Art. *Hydrodynamik* und *Hydrostatik* behandelt worden sind.

V. Allgemeine Bemerkungen zur Statik.

A. Eine der interessantesten Aufgaben der Statik ist die, durch welche das Gleichgewicht eines *Hebels* gesucht wird, dieses Wort in der allgemeinsten Bedeutung genommen. Denkt man sich z. B. ein Gitter aus mehrern unter einander in allen Richtungen verbundenen Stangen bestehend, an welchen Stangen in verschiedenen Puncten derselben gegebene Körper befestigt sind, auf welche Körper bestimmte Kräfte nach ebenfalls bestimmten Richtungen wirken, so heiſst dieses ganze System von Körpern ein *Hebel der allgemeinsten Art* und die Aufgabe besteht nun darin, die Bedingungen zu finden, unter welchen dieser Hebel mit allen seinen Körpern und den auf sie wirkenden Kräften im Gleichgewichte stehen wird. Daſs die im fünften Bande dieses Werks unter dem Artikel *„Hebel"* aufgestellte Vorrichtung nur den einfachsten von allen hier zugleich betrachteten Fällen behandelt, ist für sich klar.

Bezeichnen wir die unter sich senkrechten Coordinaten des ersten dieser körperlichen Puncte, aus welchen der Hebel bestehn soll, durch x, y, z und reduciren wir alle die gegebenen Kräfte P, P′ P″....., welche auf diesen Punct nach gegebenen Richtungen wirken sollen, auf drei andere, jenen Coordinaten parallele Kräfte, die wir durch X, Y, Z bezeichnen wollen. Für den zweiten und dritten und vierten Körper dieses Systems wollen wir dieselben sechs Gröſsen x, y, z und X, Y, Z mit einem, mit zwei und endlich mit drei Strichen bezeichnen. Man wird bald sehn, daſs die Betrachtung von mehr als vier Körpern ganz überflüssig ist, weil man die hier für vier Körper erhaltenen Ausdrücke, ihrer Symmetrie wegen, sofort und ohne Rechnung auch auf jede willkürliche Anzahl von Körpern fortsetzen kann.

Sey demnach a	die Distanz des	1sten	Körpers	von	dem	2ten
a'		2.	-	-	-	3.
a''		1.	-	-	-	3.
a'''		1.	-	-	-	4.
a^{IV}		2.	-	-	-	4.
a^{V}		3.	-	-	-	4.

so daſs man hat

$$a^2 = (x'-x)^2 + (y'-y)^2 + (z'-z)^2$$
$$a'^2 = (x''-x')^2 + (y''-y')^2 + (z''-z')^2$$
$$a''^2 = (x''-x)^2 + (y''-y)^2 + (z''-z)^2 \text{ u.s.w.}$$

und daher auch

$$\begin{aligned} a\,da = & (x'-x)\,(dx'-dx) \\ & + (y'-y)\,(dy'-dy) \\ & + (z'-z)\,(dz'-dz) \end{aligned}$$

und so fort für alle übrigen Gröfsen $a'da'$, $a''da''$......
Nimmt man, wie wir hier voraussetzen, die Distanzen aller dieser Körper unter sich als unveränderlich an, so werden ihre Variationen da, da', da''.... sämmtlich gleich Null seyn. Diese Gröfsen da, da', da''...... vertreten hier die Stelle der oben erwähnten Bedingungsgleichungen $dL=0$, $dL'=0$, $dL''=0$...., so dafs man daher nach der Gleichung (I) oder (III) für das Gleichgewicht des ganzen Systems den Ausdruck erhält

$$\begin{aligned} 0 = & X\,dx + Y\,dy + Z\,dz && + \lambda\,da + \lambda'\,da' \\ & + X'\,dx' + Y'\,dz' + Z'\,dz' && + \lambda''\,da'' + \lambda'''\,da''' \\ & + X''\,dx'' + Y''\,dy'' + Z''\,dz'' && + \lambda^{iv}da^{iv} + \lambda^{v}\,da^{v}, \\ & + X'''\,dx''' + Y'''\,dy''' + Z'''\,dz''' \end{aligned}$$

wo λ, λ', λ''.... unbestimmte Factoren bezeichnen. Substituirt man in diesem Ausdrucke für da, da'.... die oben angezeigten Werthe, so werden alle Glieder desselben in eine von den zwölf Gröfsen dx, dy, dz, dx'...... multiplicirt erscheinen, und da diese Gröfsen unter sich unabhängig sind, so werden die Factoren derselben jeder für sich gleich Null seyn. Man erhält demnach folgende zwölf Gleichungen:

$$\left.\begin{aligned} & X - \frac{\lambda}{a}(x'-x) - \frac{\lambda''}{a''}(x''-x) - \frac{\lambda'''}{a'''}(x'''-x) = 0 \\ & X' - \frac{\lambda}{a}(x-x') - \frac{\lambda'}{a'}(x''-x') - \frac{\lambda^{iv}}{a^{iv}}(x'''-x') = 0 \\ & X'' - \frac{\lambda'}{a'}(x'-x'') - \frac{\lambda''}{a''}(x-x'') - \frac{\lambda^{v}}{a^{v}}(x'''-x'') = 0 \\ & X''' - \frac{\lambda'''}{a'''}(x-x''') - \frac{\lambda^{iv}}{a^{iv}}(x'-x''') - \frac{\lambda^{v}}{a^{v}}(x''-x''') = 0 \end{aligned}\right\}$$

mit den acht andern analogen, die man erhält, wenn man in den vier gegebenen die Gröfsen X und x in Y und y oder in Z und z verwandelt.

Wenn man aus diesen zwölf Gleichungen die sechs unbestimmten Gröſsen λ, λ'.. λ^{v} eliminirt, so erhält man, nach einigen einfachen Reductionen, folgende sechs Ausdrücke:

$$X + X' + X'' + X''' = 0$$

und

$$(Xy-Yx)+(X'y'-Y'x')+(X''y''-Y''x'')+(X'''y'''-Y'''x''')=0,$$

mit den vier andern, die man erhält, wenn man in der ersten der vorhergehenden beiden die Gröſse X in Y oder in Z, und wenn man in der zweiten Y und y in Z und z, oder wenn man X, Y, x und y in Y, Z, y und z verwandelt. Schreibt man nämlich die beiden vorhergehenden Gleichungen auf die bekannte abkürzende Weise so:

$$\Sigma X = 0$$

und

$$\Sigma(Xy - Yx) = 0,$$

so hat man als Endresultat jener Elimination die folgenden sechs Gleichungen:

$$\Sigma X = 0,$$
$$\Sigma Y = 0,$$
$$\Sigma Z = 0,$$
$$\Sigma(Xy - Yx) = 0,$$
$$\Sigma(Xz - Zx) = 0,$$
$$\Sigma(Yz - Zy) = 0,$$

und man sieht schon aus der Form dieser Ausdrücke, daſs sie sich nicht bloſs auf vier, sondern auf eine ganz willkürliche Anzahl von körperlichen Puncten erstrecken.

Diese sechs Gleichungen sind aber ganz dieselben, welche wir oben, zu Ende der Statik, in derselben Ordnung durch H, I, K und durch L, M, N bezeichnet haben. Wir hätten sie daher auch hier als bereits bekannt voraussetzen können, aber es schien interessant, sie auch noch auf diesem sehr einfachen Wege abzuleiten.

Verbindet man die sechs letzten Gleichungen mit den sechs ersten, welche die Distanzen a, a', a''..... der körperlichen Puncte angeben, so hat man 12 Gleichungen, aus welchen man die 12 unbekannten Gröſsen x, y, z, x', y', z' u. s. w. bestimmen kann, und durch die letzten 12 Gröſsen sind die Orte der vier Körper gegeben, welche sie für den Fall des Gleichgewichtes einnehmen müssen.

Sollten aber die gegebenen Kräfte P, P'.... nicht im Stande seyn, das System im Gleichgewichte zu erhalten, so kann doch der Fall eintreten, dafs alle diese Kräfte auf eine einzige mittlere Kraft zurückgebracht werden können, und dieses wird geschehn, wenn man, nach dem Vorhergehenden, die Gleichung hat

$$KL + IM + HN = 0.$$

Heifst dann R diese mittlere Kraft und sind A, B, C die Winkel ihrer Richtung mit den Axen der x, y, z, so hat man (wie oben)

$$R = \sqrt{H^2 + I^2 + K^2}$$

und

$$\text{Cos.}\,A = \frac{H}{R},\ \text{Cos.}\,B = \frac{I}{R},\ \text{Cos.}\,C = \frac{K}{R}.$$

Ist ein Punct des Systems fest, so kann man dafür den ersten Punct annehmen und ihn zugleich in den Anfang der Coordinaten legen. Dadurch verschwinden die Gröfsen x, y, z und die Bedingungen des Gleichgewichts reduciren sich auf folgende drei Gleichungen:

$$L=0,\ M=0,\ N=0.$$

Sind zwei Puncte des Systems fest, so kann man dafür die beiden ersten körperlichen Puncte annehmen und ihre Distanz zugleich in die Axe der z legen. Dann reduciren sich alle 6 vorhergehenden Bedingungen des Gleichgewichts auf die einzige Gleichung

$$L = 0.$$

Soll ein Punct des Systems gezwungen seyn, auf der Ebene der x, y zu bleiben, so hat man für das Gleichgewicht die 5 Gleichungen

$$H=0, I=0,$$
$$L=0,\ M=0,\ N=0.$$

Sollen zwei Puncte des Systems auf der Ebene der x, y bleiben, so hat man für das Gleichgewicht die 4 Gleichungen:

$$H=0,\ I=0,$$
$$L=0,\ N=0.$$

Soll endlich das System mit drei oder auch mit mehrern Puncten auf der Ebene der x, y bleiben, so hat man für das Gleichgewicht die 3 Gleichungen

$$H=0,\ I=0,\ L=0.$$

Alle diese verschiedenen Fälle lassen sich wieder je nach den Richtungen, welche die Kräfte unter sich bilden, in Unterabtheilungen bringen. Wir wollen nur einige derselben kurz anzeigen.

Wenn erstens die körperlichen Puncte des Systems willkürlich im Raume vertheilt sind, alle Richtungen der darauf wirkenden Kräfte aber in Ebenen liegen, die der coordinirten Ebene der x, z parallel sind, so sind in dem Vorhergehenden alle β gleich 90° und alle γ gleich $90° - \alpha$, so dafs man daher für ein ganz freies System unter der Einwirkung solcher Kräfte für das Gleichgewicht die folgenden 5 Gleichungen hat

$$\Sigma P \operatorname{Cos.} \alpha = 0, \quad \Sigma P y \operatorname{Cos.} \alpha = 0,$$
$$\Sigma P \operatorname{Sin.} \alpha = 0, \quad \Sigma P y \operatorname{Sin.} \alpha = 0,$$

und

$$\Sigma P (z \operatorname{Cos.} \alpha - x \operatorname{Sin.} \alpha) = 0,$$

wo, wie oben, $X = P \operatorname{Cos.} \alpha$, $Y = P \operatorname{Sin.} \alpha$ u. f.

Wenn aber zweitens alle körperliche Puncte in der Ebene der x, y und alle Richtungen der Kräfte in Ebenen, die mit x, z parallel sind, liegen, so sind alle β gleich 90°, alle γ gleich $90° - \alpha$ und überdiefs alle z gleich Null, so dafs man daher, wieder für ein freies System, die 5 Gleichungen hat

$$\Sigma . P \operatorname{Cos.} \alpha = 0, \quad \Sigma P x \operatorname{Sin.} \alpha = 0,$$
$$\Sigma . P \operatorname{Sin.} \alpha = 0, \quad \Sigma P y \operatorname{Sin.} \alpha = 0,$$

und

$$\Sigma P y \operatorname{Cos.} \alpha = 0.$$

Wenn drittens alle Körper und alle Richtungen der Kräfte in derselben Ebene, z. B. in der der x, z liegen, so sind alle β gleich 90°, alle γ gleich $90° - \alpha$ und alle y gleich Null, so dafs man also für das Gleichgewicht nur die drei Gleichungen hat

$$\Sigma . P \operatorname{Cos.} \alpha = 0,$$
$$\Sigma . P \operatorname{Sin.} \alpha = 0,$$
$$\Sigma . P (z \operatorname{Cos.} \alpha - x \operatorname{Sin.} \alpha) = 0.$$

Wenn viertens alle Körper in einer einzigen geraden Linie liegen, aber die Kräfte nach allen Richtungen im Raume zerstreut sind, so wird man blofs alle y und alle z gleich Null setzen und so für das Gleichgewicht die 5 Gleichungen erhalten

$$\Sigma . P \operatorname{Cos}. \alpha = 0 \quad \text{und} \quad \Sigma . P x \operatorname{Cos}. \beta = 0$$
$$\Sigma . P \operatorname{Cos}. \beta = 0 \quad \quad \Sigma . P x \operatorname{Cos}. \gamma = 0.$$
$$\Sigma . P \operatorname{Cos}. \gamma = 0$$

Wenn fünftens alle Körper wieder in einer einzigen geraden Linie, die Richtungen der Kräfte aber sämmtlich auf dieser geraden senkrecht stehen, so wird man alle α gleich 90° und alle γ gleich $90° - \beta$ annehmen, wodurch man die 4 Gleichungen erhält

$$\Sigma . P \operatorname{Cos}. \beta = 0 \quad \text{und} \quad \Sigma . P x \operatorname{Cos}. \beta = 0$$
$$\Sigma . P \operatorname{Sin}. \beta = 0 \quad \quad \Sigma . P x \operatorname{Sin}. \beta = 0.$$

Wenn sechstens alle Körper in einer einzigen geraden Linie und alle Richtungen der Kräfte in einer Ebene liegen, in welcher also auch jene gerade Linie liegt, so wird man alle y und z gleich Null, alle β gleich 90° und alle $\gamma = 90° - \alpha$ setzen, wodurch man für das Gleichgewicht eines solchen Hebels die drei Gleichungen erhält

$$\Sigma . P \operatorname{Cos}. \alpha = 0$$
$$\Sigma . P \operatorname{Sin}. \alpha = 0$$
$$\Sigma . P x \operatorname{Sin}. \alpha = 0.$$

Wenn siebentens alle Körper in einer gebrochenen geraden Linie und alle Richtungen der Kräfte in einer Ebene liegen und zugleich unter sich selbst sämmtlich parallel sind, so wird man in den 6 vorhergehenden allgemeinen Gleichungen alle α, alle β und alle γ unter sich gleich annehmen. Nimmt man überdiefs, ohne der Allgemeinheit der Aufgabe Eintrag zu thun, an, dafs die Richtungen aller Kräfte mit der Axe der z parallel sind, während jene gebrochene gerade Linie ganz in der Ebene der x, y liegt, so sind alle α und alle β gleich 90° und alle γ gleich Null, so dafs man daher für das Gleichgewicht die drei Gleichungen hat

$$\Sigma . P = 0, \quad \Sigma . P x = 0 \quad \text{und} \quad \Sigma . P y = 0.$$

Wenn endlich achtens alle Körper in einer einzigen, auch gebrochenen Geraden, die aber ganz in der Ebene der x, z liegt, enthalten und auch alle Richtungen der Kräfte in derselben Ebene der x, z und unter sich parallel sind, so hat man für das Gleichgewicht blofs die zwei Gleichungen

$$\Sigma . P = 0 \quad \text{und} \quad \Sigma . P x = 0.$$

Das Vorhergehende zeigt die Allgemeinheit des Problems, welches wir im Anfange dieses Abschnittes aufgelöst haben, und die grofse Anzahl der speciellen Fälle, welche in jener

Auflösung enthalten sind. So bezieht sich z. B. der zweite dieser speciellen Fälle auf einen ebenen, in mehrern seinen Puncten mit Körpern belegten Tisch, auf welchen Kräfte nach gegebenen Richtungen wirken; ebenso bezieht sich der dritte Fall auf einen gebrochenen Hebel, der vierte auf einen geradlinigen Hebel in seiner allgemeinsten Bedeutung, wo nämlich die auf diese Gerade wirkenden Kräfte alle mögliche Richtungen haben können, der sechste Fall auf einen geradlinigen Hebel, bei welchem die Richtungen der Kräfte wohl alle mögliche Winkel mit der Gerade bilden, aber doch zugleich sämmtlich in einer und derselben Ebene sind, und der achte Fall endlich ist der des gewöhnlichen gebrochenen oder geradlinigen Hebels, auf welchen die Schwere nach unter sich parallelen Richtungen wirkt. Man sieht z. B. aus den zwei Gleichungen dieses achten Falls, dafs, vermöge der ersten $\Sigma . P = 0$, die Summe aller auf das System wirkender Kräfte gleich Null seyn mufs, wenn Gleichgewicht statt finden soll, und dafs überdiefs, vermöge der andern Gleichung $\Sigma . Px = 0$, die Summe der Momente aller Kräfte in Beziehung auf eine den Richtungen dieser Kräfte parallele Ebene gleich Null seyn mufs, wenn Gleichgewicht in der That statt haben soll, wie es für diesen letzten und einfachsten Fall bereits seit langer Zeit bekannt ist.

Jeder dieser einzelnen Fälle kann nun wieder für die besondern Voraussetzungen untersucht werden, dafs in dem gegebenen Systeme ein oder auch zwei feste Puncte sind, oder auch, dafs die gegebenen Kräfte an sich kein Gleichgewicht erzeugen können, und dafs daher eine neue Kraft R in ihrer Gröfse und Richtung zu suchen ist, welche, mit den gegebenen Kräften P, P′, P″.. verbunden, das Gleichgewicht des Systems hervorbringt, wie wir dieses oben bei der allgemeinen Auflösung des Problems ausgeführt haben und hier, für jeden speciellen Fall, der Kürze wegen nicht wiederholen wollen.

B. Es würde dem gegenwärtigen Orte nicht angemessen seyn, alle ähnlichen Probleme, so allgemein und interessant sie auch an sich selbst seyn mögen, ebenso umständlich durchzugehn, wie dieses so eben mit der Theorie des *Hebels*, in der allgemeinsten Bedeutung des Wortes, geschehen ist. Es wird daher genügen, die vorzüglichsten dieser Probleme hier

nur kurz anzuzeigen und für eine weitere Auseinandersetzung derselben die Leser auf den ersten Theil der Mécanique analytique von LAGRANGE[1] zu verweisen.

Wenn in dem vorhergehenden Probleme die Fäden, welche die einzelnen Körper des Systems unter sich verbinden, nicht unveränderlich sind, wie dort vorausgesetzt worden ist, sondern wenn sie sich, wegen ihrer Elasticität, ausdehnen und zusammenziehn, so kann man nicht mehr, wie zuvor, $da=0$, $da'=0$ u. s. w. annehmen. Sind nämlich $A, A', A''\ldots$ die elastischen Kräfte der Fäden $a, a', a''\ldots\ldots$, so wird dann die Gleichung des Gleichgewichtes, dem allgemeinen Ausdrucke (I) oder (III) zufolge, seyn:

$$\begin{aligned} &X dx + Y dy + Z dz \\ &X' dx' + Y' dy' + Z' dz' \\ &X'' dx'' + Y'' dy'' + Z'' dz'' \ldots \\ +&X''' dx''' + Y''' dy''' + Z''' dz''' \\ +&A da + A' da' + A'' da'' + \ldots = 0, \end{aligned}$$

wo man also wieder für $da, da'\ldots\ldots$ ihre vorhergehenden Werthe in $dx, dx'\ldots$ setzen und dann die erhaltene Gleichung zwölf andern gleich setzen wird, wie zuvor.

Wollte man etwa annehmen, daſs die Fäden $a, a', a''\ldots\ldots$ wohl unveränderlich sind, daſs aber z. B. der zweite Körper längst dem Faden, der ihn mit dem ersten und dritten verbindet, frei hin und wieder gleiten kann, so hat man $a + a' =$ Const., also auch $da + da' = 0$. Für diesen Fall wird man also in der so eben aufgestellten Gleichung des Gleichgewichts statt der Gröſse $A da + A' da' + \ldots\ldots$ den Ausdruck $\lambda(da + da')$ setzen.

Ist aber die Feder, welche die drei ersten Körper verbindet, an dem Orte, den der zweite Körper einnimmt, elastisch, so daſs wohl die Distanzen a und a', jede für sich, constant sind, daſs aber der Winkel dieser beiden Distanzen veränderlich ist, so wird man, wenn E die elastische Kraft und e jenen Winkel bezeichnet, in der vorhergehenden Gleichung statt der Gröſse $A da + A' da' + \ldots$ die Gröſse $E de + \lambda da + \lambda' da'$ setzen.

C. Um das Gleichgewicht eines biegsamen und unaus-

---

1 Namentlich p. 105 bis 174 der neuen Auflage.

dehnbaren Fadens zu finden, dessen sämmtliche Puncte durch gegebene Kräfte afficirt werden, hat man zuerst

$$ds^2 = dx^2 + dy^2 + dz^2,$$

also auch

$$S\lambda\delta ds = S\frac{\lambda dx}{ds}\delta dx + S\frac{\lambda dy}{ds}\delta dy + S\frac{\lambda dz}{ds}\delta dz.$$

Es ist aber überhaupt

$$\int u d\delta t = u\delta t - \int d u\delta t,$$

also ist auch, wenn man $u = \frac{\lambda dx}{ds}$ und $t = x$ setzt,

$$S\frac{\lambda dx}{ds}\delta dx = \frac{\lambda dx}{ds}\delta x - Sd.\frac{\lambda dx}{ds}\delta x,$$

und da hier das Glied aufser dem Integralzeichen S sich blofs auf den Endpunct des Fadens beziehen kann, so hat man, wenn man dasselbe hier ganz aufser Betrachtung läfst, für die gesuchte Gleichung des Gleichgewichts des Fadens, auf welchen blofs die Kräfte X, Y, Z wirken, nach der vorhergehenden Gleichung (III), wenn dm das eine Element der Masse des Fadens bezeichnet,

$$\left.\begin{aligned} Xdm - d.\frac{\lambda dx}{ds} = 0 \\ Ydm - d.\frac{\lambda dy}{ds} = 0 \\ Zdm - d.\frac{\lambda dz}{ds} = 0 \end{aligned}\right\}.$$

Integrirt man diese drei Gleichungen und nennt man A, B, C die Constanten dieser Integrationen, so erhält man, wenn man dann aus diesen drei Integrationen den unbestimmten Factor λ eliminirt,

$$(A + \int X dm) dy = (B + \int Y dm) dx,$$
$$(A + \int X dm) dz = (C + \int Z dm) dx,$$

und dieses sind die allgemeinsten Gleichungen der sogenannten *Kettenlinie.*

Soll derselbe Faden unter der Einwirkung der Kräfte X, Y, Z auf der Fläche, deren Gleichung $dz = pdx + qdy$ ist, liegen und daselbst im Gleichgewichte bleiben, so hat man auch $\delta z = p\delta x + q\delta y$ und daher, nach (III), für das Gleichgewicht den Ausdruck

$$\left(X dm - d.\frac{\lambda dx}{ds}\right)\delta x + \left(Y dm - d.\frac{\lambda dy}{ds}\right)\delta y$$
$$+ \left(Z dm - d.\frac{\lambda dz}{ds}\right)(p\delta x + q\delta y) = 0.$$

Setzt man also die beiden Factoren vor δx und δy, jeden für sich, gleich Null, so hat man für das Gleichgewicht des Fadens auf der Fläche die zwei Gleichungen

$$X dm - d.\frac{\lambda dx}{ds} + p\left(Z dm - d.\frac{\lambda dz}{ds}\right) = 0$$
$$Y dm - d.\frac{\lambda dy}{ds} + q\left(Z dm - d.\frac{\lambda dz}{ds}\right) = 0.$$

Auf diese Weise kann man fortgehn und zu immer höhern Problemen aufsteigen. Wir begnügen uns hier zum Schlusse dieses Gegenstandes die Gleichungen des Gleichgewichts eines Körpers von gegebener Gestalt anzuführen, auf welchen die drei Kräfte X, Y, Z nach der Richtung der drei Coordinaten x, y, z wirken und dessen Bewegung hier als frei betrachtet wird. Allein diese Gleichungen haben wir im Grunde schon oben (am Schlusse der No. III) gefunden. Bezeichnet nämlich m die Masse des ganzen Körpers, so hat man für das Gleichgewicht desselben die sechs folgenden Gleichungen:

$$S X dm = 0, \quad S Y dm = 0, \quad S Z dm = 0,$$
$$S(Xy - Yx)dm = 0, \quad S(Zx - Xz)dm = 0, \quad S(Yz - Zy)dm = 0,$$

von welchen, wie man weiſs, die drei ersten der progressiven und die drei andern der rotirenden Bewegung angehören.

D. Eins der interessantesten Kapitel in der Lehre von dem Gleichgewichte der festen Körper ist die Bestimmung des *Schwerpunctes* derselben, daher wir auch für diese Untersuchung die vorzüglichsten Ausdrücke hier kurz zusammenstellen.

1) *Schwerpunct einer geraden oder krummen Linie.* Sind x, y, z die drei rechtwinkligen Coordinaten irgend eines Punctes der Linie und bezeichnet man durch X, Y, Z die analogen Coordinaten des Schwerpunctes dieser Linie, so hat man

$$X = \frac{1}{s}\int x\,ds, \quad Y = \frac{1}{s}\int y\,ds, \quad Z = \frac{1}{s}\int z\,ds,$$

wo $ds = \sqrt{dx^2 + dy^2 + dz^2}$ das Element dieser Linie und

daher s das Integral dieses Elements bezeichnet. Für ebene Curven kann man z gleich Null setzen.

2) *Schwerpunct der Oberflächen ebener Curven.* Um die Coordinaten X, Y der ebenen Fläche zu finden, die von einer Curve, deren Gleichung zwischen x und y gegeben ist, und von zwei bestimmten Coordinaten dieser Curve eingeschlossen ist, hat man

$$X=\frac{\int y\,x\,dx}{\int y\,dx},\quad Y=\frac{\frac{1}{2}\int y^2\,dx}{\int y\,dx}.$$

3) *Schwerpunct der Oberfläche eines Körpers.* Wenn die Gleichung dieser Oberfläche $dz=p\,dx+q\,dy$ ist und wenn man der Kürze wegen $U=dx\,dy\sqrt{1+p^2+q^2}$ setzt, so hat man für die gesuchten Coordinaten des Schwerpunctes

$$X=\frac{\int\int Ux}{\int\int U},\quad Y=\frac{\int\int Uy}{\int\int U},\quad Z=\frac{\int\int Uz}{\int\int U}.$$

4) Ist diese Oberfläche durch Rotation einer ebenen Curve um die Axe der x entstanden, so liegt der Schwerpunct der Fläche in dieser Axe und seine Entfernung von dem Anfangspuncte der Coordinaten ist, wenn $ds=\sqrt{dx^2+dy^2}$ ist,

$$X=\frac{\int y\,x\,ds}{\int y\,ds}.$$

5) *Schwerpunct eines Körpers.* Sind x, y, z die Coordinaten eines willkürlichen Punctes des Körpers und X, Y, Z die analogen Coordinaten des Schwerpunctes desselben, und nennt man Δ die Dichtigkeit eines Elements der körperlichen Masse m dieses Körpers, so ist $dm = dx\,dy\,dz$ und man hat

$$X=\frac{1}{m}\int\int\int x\,dm,\quad Y=\frac{1}{m}\int\int\int y\,dm,\quad Z=\frac{1}{m}\int\int\int z\,dm,$$

wo daher $m=\int\int\int \varrho\,dx\,dy\,dz$ und wo endlich für Körper von homogener Masse $m=a\int\int\int dx\,dy\,dz$ oder a eine constante Gröſse ist.

Dieselben Gleichungen kann man auch noch auf folgende Art ausdrücken, wodurch ihre Integration in vielen Fällen sehr erleichtert wird. Nennt man r die Entfernung eines Elements dm des Körpers von dem Anfangspuncte der Coordinaten, α den Winkel, welchen r mit der Axe der x bildet, und endlich β den Winkel, welchen die durch r und durch die Axe

der x gehende Ebene mit der Ebene der x, y macht, so hat man

$$dm = \Delta r^2 \operatorname{Sin}.\alpha . dr d\alpha d\beta$$

und

$$X = \frac{1}{m} \int\int\int \Delta r^3 \operatorname{Sin}.\alpha \operatorname{Cos}.\alpha dr d\alpha d\beta,$$

$$Y = \frac{1}{m} \int\int\int \Delta r^3 \operatorname{Sin}.^2 \alpha \operatorname{Cos}.\beta dr d\alpha d\beta,$$

$$Z = \frac{1}{m} \int\int\int \Delta r^3 \operatorname{Sin}.^2 \alpha \operatorname{Sin}.\beta dr d\alpha d\beta.$$

VI. Allgemeine Bemerkungen zur Dynamik.

A. Bewegung einzelner Körper.

Beinahe alle Aufgaben der Dynamik können durch die oben gegebenen Gleichungen (VIII) aufgelöst werden, daher wir uns auch im Folgenden vorzüglich auf diese Gleichungen beziehn.

1) Betrachten wir zuerst nur einen einzigen körperlichen Punct. Wenn keine stets thätigen Kräfte auf ihn wirken, sondern nur eine einen Augenblick wirksame Kraft, gleich einem momentanen Stoſse, ihn nach der Richtung der x bewegt, so fallen von den Gleichungen (VIII) alle, bis auf die erste, weg, und auch diese geht in die folgende sehr einfache über

$$\frac{d^2 x}{dt^2} = 0,$$

deren Integrale sind $\frac{dx}{dt} = a$ und $x = at + b$. In diesem Falle wird also der Körper mit der constanten Geschwindigkeit a in der Zeit t die gerade Linie $x = at + b$ beschreiben, wie es dem Gesetze der Trägheit gemäſs ist.

2) Wird aber der Körper durch eine constante, immer thätige Kraft g, wie z. B. durch die Schwere der Erde, in der Richtung der Axe der z getrieben, so geht die erste der Gleichungen (VIII) in folgende über

$$\frac{d^2 z}{dt^2} = 2g,$$

deren Integrale sind $\frac{dz}{dt}$ oder $v = 2gt + a$ und $z = gt^2 + at + b$, oder der Körper legt mit der Geschwindigkeit v in der Zeit t den Raum z zurück. Die Gröfse a ist die anfängliche Geschwindigkeit des Körpers und b der vor dem Anfange der Zeit bereits zurückgelegte Raum. Ist $a = b = 0$, so hat man

$$v = 2gt \text{ und } z = gt^2,$$

die bereits oben erwähnten Gleichungen für den freien Fall der Körper, die Galilei gefunden und dadurch den Grund zu der neuen Wissenschaft der Dynamik gelegt hat.

3) Ist aber diese nach der Richtung der z wirkende Kraft nicht constant, sondern verhält sie sich verkehrt wie das Quadrat der Entfernung des Körpers von dem Mittelpuncte dieser Kraft, wie dieses in der That, bei gröfsern Entfernungen von der Erde, mit der Schwere der Fall ist, so sey a die anfängliche und z jede andere Entfernung des Körpers von dem Mittelpuncte der Erde, deren Halbmesser gleich r seyn soll. Dieses vorausgesetzt hat man, wenn wieder 2g die Schwere an der Oberfläche der Erde bezeichnet,

$$2g : Z = \frac{1}{r^2} : \frac{1}{(a-z)^2} \text{ oder } Z = \frac{2gr^2}{(a-z)^2}$$

und die Gleichungen (VIII) gehen daher in die folgende über

$$\frac{d^2z}{dt^2} = \frac{2gr^2}{(a-z)^2},$$

deren Integrale sind $\frac{dz}{dt}$ oder $v = r\sqrt{\frac{4gz}{a(a-z)}}$ und

$$t = \frac{1}{r}\left(\frac{a}{4g}\right)^{\frac{1}{2}} \cdot \left[\sqrt{az - z^2} + \frac{a}{2} \text{ Arc. Cos. } \frac{a-2z}{a}\right].$$

4) Soll sich aber diese nach z wirkende Kraft wie die Entfernung des Körpers vom Mittelpuncte der Erde verhalten, ein Fall, der bekanntlich im Innern der Erde, in tiefen Schachten u. dgl. statt findet, so hat man nach den Gleichungen (VIII)

$$\frac{d^2z}{dt^2} = \frac{2g}{r}(r - z)$$

und davon sind die Integrale

$$v = \sqrt{\frac{2g}{r}(r^2 - (r-z)^2)} \text{ und } z = r - r \text{ Cos. } t\sqrt{\frac{2g}{r}}.$$

5) Nehmen wir wieder die nach z gerichtete Kraft 2g der Erde constant an und suchen wir die Bewegung des Körpers in einem widerstehenden Mittel, z. B. in der Atmosphäre. Wenn man, wie gewöhnlich, annimmt, daſs dieser Widerstand dem Quadrate der Geschwindigkeit des Körpers proportional ist, so gehn die Gleichungen (VIII) in folgende einzelne über

$$\frac{d^2 z}{dt^2} = 2g - mv^2,$$

wo v die Geschwindigkeit des Körpers und m eine constante Gröſse bezeichnet. Wird diese Gleichung zweimal integrirt, so findet man die Geschwindigkeit v des Körpers für jede Zeit t durch die Gleichung

$$e^{2t\sqrt{2gm}} = \frac{\sqrt{2g} + v\sqrt{m}}{\sqrt{2g} - v\sqrt{m}},$$

wo log. nat. e = 1 ist, und den in der Zeit t durchlaufenen Raum z, da v bereits bekannt ist, durch die Gleichung

$$2mz + \text{Log.}\left(1 - \frac{mv^2}{2g}\right) = 0.$$

Diese Ausdrücke geben die Bewegung der im widerstehenden Mittel fallenden Körper. Wird aber der Körper in diesem Mittel senkrecht aufwärts geworfen, so hat man

$$\frac{d^2 z}{dt^2} = -2g - mv^2$$

und davon sind die Integrale, wenn v = a für z = 0 ist,

$$z = \frac{1}{2m} \text{Log.} \frac{2g + a^2 m}{2g + v^2 m}$$

und

$$t = \frac{1}{\sqrt{2gm}} \left[\text{Arc. Tang.}\, a\sqrt{\frac{m}{2g}} - \text{Arc. Tg.}\, v\sqrt{\frac{m}{2g}}\right].$$

6) Es bewege sich nun ein von derselben constanten Schwere 2g getriebener Körper im freien Raume, aber auf einer gegebenen schiefen Ebene.

Da der Körper auf dieser Ebene offenbar eine gerade Linie beschreiben wird, so kann man, ohne der Allgemeinheit des Problems zu schaden, die Ebene der x, z in jene gerade Linie legen. Die Gleichung einer auf der coordinirten Ebene der x, z senkrechten Ebene ist aber

$$L = ax - z = 0, \text{ also auch } \left(\frac{dL}{dx}\right) = a \text{ und } \left(\frac{dL}{dz}\right) = -1.$$

Es bleiben daher für unsern Fall von den Gleichungen (VIII) nur die erste und dritte übrig, und diese werden, da $X=0$ und $Z=2g$ ist, die Form annehmen

$$\frac{d^2x}{dt^2}=\lambda a \text{ und } \frac{d^2z}{dt^2}=2g-\lambda.$$

Eliminirt man daraus die unbestimmte Gröfse λ, so erhält man

$$d^2z+\frac{d^2x}{a}-2g\,dt^2=0$$

und die Integrale dieser Gleichung sind, wenn $\text{Tang. }\alpha=a$ gesetzt wird,

$$\frac{dx}{dt}=gt\text{ Sin.}2\alpha \qquad x=\tfrac{1}{2}gt^2.\text{ Sin.}2a$$

$$\frac{dz}{dt}=2gt\text{ Sin.}^2\alpha \qquad z=gt^2.\text{ Sin.}^2a$$

$$\sqrt{\frac{dx^2+dz^2}{dt^2}}=2gt\text{ Sin.}\alpha,\ \sqrt{x^2+z^2}=gt^2\text{ Sin.}\alpha.$$

Die drei ersten dieser Gleichungen geben die Geschwindigkeit des Körpers nach der Richtung der x, der z und nach der Richtung seiner Bahn, und die drei letzten geben den in der Zeit t zurückgelegten Weg in horizontaler, verticaler und in der der schiefen Ebene parallelen Richtung. Endlich ist der *Druck*, den die Ebene von dem Körper erleidet,

$$D=\lambda\sqrt{\left(\frac{dL}{dx}\right)^2+\left(\frac{dL}{dz}\right)^2}=\frac{\lambda}{\text{Cos. }\alpha},$$

oder da $\lambda=2g\text{ Cos.}^2\alpha$ ist, so hat man für diesen Druck

$$D=2g\text{ Cos.}\alpha.$$

Die vorhergehenden Ausdrücke enthalten die bekannte Theorie der Bewegung schwerer Körper auf der schiefen Ebene.

7) Wenn ein Körper, auf welchen blofs die constante Kraft 2g der Schwere nach der Richtung der z wirkt, über der Oberfläche der Erde gegen den Horizont schief geworfen wird, so bleiben von den Gleichungen (VIII) blofs die drei ersten übrig, und da $X=Y=0$, $Z=-2g$ und $\lambda=0$ ist, so hat man

$$0=\frac{d^2x}{dt^2},\ 0=\frac{d^2y}{dt^2},\ 0=\frac{d^2z}{dt^2}+2g.$$

Die beiden ersten geben $dx=A\,dt$, $dy=B\,dt$, also auch

$Ay = Bx$ oder die Gleichung einer geraden Linie für die Projection der gesuchten Bahn des Körpers in der horizontalen Ebene der x, y. Man kann daher $y = 0$ annehmen, wodurch man erhält

$$\frac{d^2x}{dt^2} = 0 \text{ und } \frac{d^2z}{dt^2} + 2g = 0.$$

Die Integrale dieser Gleichungen sind, wenn a die anfängliche Geschwindigkeit des Körpers und α den Winkel ihrer Richtung mit der Axe der x bezeichnet,

$$\frac{dx}{dt} = a \operatorname{Cos.} \alpha \qquad x = at \operatorname{Cos.} \alpha$$

$$\frac{dz}{dt} = -2gt + a \operatorname{Sin.} \alpha, \; z = -gt^2 + at \operatorname{Sin.} \alpha$$

$$\sqrt{\frac{dx^2 + dz^2}{dt^2}} = \sqrt{a^2 - 4gz},$$

wodurch die Geschwindigkeit des Körpers und sein Ort im Raume (durch die Coordinaten x und y) für jede gegebene Zeit t ausgedrückt wird. Eliminirt man aus den beiden letzten Gleichungen die Gröfse t, so erhält man

$$z = x \operatorname{Tg.} \alpha - \frac{2gx^2}{2a^2 \operatorname{Cos.}^2 \alpha},$$

die Gleichung der *Bahn* des Körpers, die bekanntlich eine Parabel ist.

Die vorhergehenden Ausdrücke enthalten die ganze Theorie der im freien Raume über der Oberfläche der Erde schief geworfenen Körper.

8) Wird aber der Körper über der Oberfläche der Erde im widerstehenden Mittel, z. B. der Luft, geworfen, und nimmt man den Widerstand der Luft wieder dem Quadrate der Geschwindigkeit proportional an, so dafs man für ihn den Ausdruck hat mv^2 oder $\frac{mds^2}{dt^2}$, wo $ds^2 = dx^2 + dy^2$ ist, so wird man statt jener beiden Grundgleichungen die zwei folgenden haben

$$\frac{d^2x}{dt^2} + \frac{mdsdx}{dt^2} = 0,$$

$$\frac{d^2z}{dt^2} + \frac{mdsdz}{dt^2} + 2g = 0,$$

und ihre Integration, die aber mehrere Schwierigkeiten darbietet, wird die gesuchten Ausdrücke geben.

9) Setzen wir nun voraus, dafs der Körper unter der Wirkung der constanten, nach z gerichteten Schwere auf der Oberfläche einer Kugel, deren Radius r ist, zu bleiben gezwungen seyn soll, da die Gleichung der Kugel ist

$$L=0=x^2+y^2+z^2-r^2,$$

so werden die drei ersten Gleichungen (VIII) in folgende übergehn

$$\frac{d^2x}{dt^2}+2\lambda x=0,$$

$$\frac{d^2y}{dt^2}+2\lambda y=0,$$

$$\frac{d^2z}{dt^2}+2\lambda z-2g=0,$$

und für den Druck des Körpers auf die Kugel wird man haben

$$D=\lambda\sqrt{\left(\frac{dL}{dx}\right)^2+\left(\frac{dL}{dy}\right)^2+\left(\frac{dL}{dz}\right)^2}=2\lambda r,$$

oder da $\lambda=\frac{3gz+A}{r^2}$ ist, $D=\frac{6gz+A}{r}$, wo A eine constante Gröfse ist.

Jene drei Gleichungen lassen sich leicht auf folgende drei erste Differentialgleichungen bringen

$$\left.\begin{array}{l} xdx+ydy+zdz=0 \\ xdy-ydx=Bdt \\ \frac{dx^2+dy^2+dz^2}{dt^2}=A+4gz \end{array}\right\},$$

wo A und B zwei constante Gröfsen sind. Diese drei Gleichungen enthalten die ganze Theorie der Pendel. Sie nehmen eine einfachere Gestalt an, wenn man $x=r\,\mathrm{Sin.}\,\alpha\,\mathrm{Cos.}\,\beta$, $y=r\,\mathrm{Sin.}\,\alpha\,\mathrm{Sin.}\,\beta$ und $z=r\,\mathrm{Cos.}\,\alpha$ setzt. Dann gehn nämlich die vorhergehenden drei Gleichungen in folgende zwei über

$$\left.\begin{array}{l} \frac{d^2\alpha}{dt^2}-\frac{d\beta^2\,\mathrm{Sin.}\,2\alpha}{2dt^2}+\frac{2g}{r}\,\mathrm{Sin.}\,\alpha=0 \\ d.\left(\frac{d\beta\,\mathrm{Sin.}^2\alpha}{dt^2}\right)=0 \end{array}\right\}.$$

Ist der Faden mit der Zeit in seiner Länge veränderlich, also ausdehnbar, so werden diese zwei Gleichungen folgende Gestalt annehmen

$$\left.\begin{array}{c} d.\frac{r^2 d\alpha}{dt^2} - \frac{r^2 d\beta^2}{2dt^2}\,\text{Sin.}\,2\alpha + 2gr\,\text{Sin.}\,\alpha = 0 \\ d.\left(\frac{r^2 d\beta\,\text{Sin.}^2\alpha}{dt^2}\right) = 0 \end{array}\right\}.$$

Setzt man aber $\beta = 0$, wodurch auch $y = 0$ wird, d. h. setzt man voraus, daſs das Pendel stets in derselben verticalen Ebene schwingt, so hat man zur Bestimmung seiner Bewegung die zwei Gleichungen

$$\left.\begin{array}{c} x dx + z dz = 0 \\ \frac{dx^2 + dz^2}{dt^2} = A + 4gz \end{array}\right\}.$$

10) Wirken überhaupt auf einen Körper, welcher sich auf der gegebenen Fläche $dx = p dy + q dz$ bewegen soll, die drei veränderlichen Kräfte X, Y, Z nach den Richtungen der drei Coordinatenaxen, so erhält man nach den Gleichungen (VIII) folgende drei Gleichungen

$$\frac{d^2x}{dt^2} - X = 0,\ \frac{d^2y}{dt^2} - Y = 0,\ \frac{d^2z}{dt^2} - Z = 0,$$

welche, wenn man sie mit der Gleichung $dx = p dy + q dz$ verbindet, folgenden zwei Gleichungen gleichgeltend sind

$$p\left(\frac{d^2x}{dt^2} - X\right) + \frac{d^2y}{dt^2} - Y = 0;\ q\left(\frac{d^2x}{dt^2} - X\right) + \frac{d^2z}{dt^2} - Z = 0.$$

11) Soll aber der Körper, auf welchen bloſs die veränderliche Kraft Z in der Richtung der z wirkt, sich auf einer ebenen Curve bewegen, deren Gleichung

$$dL = \left(\frac{dL}{dx}\right)dx + \left(\frac{dL}{dz}\right)dz = 0 \text{ ist,}$$

so hat man, nach den Gleichungen (VIII) folgende Ausdrücke für die Bewegung des Körpers

$$\frac{d^2x}{dt^2} + \lambda\left(\frac{dL}{dx}\right) = 0,$$

$$\frac{d^2z}{dt^2} + \lambda\left(\frac{dL}{dz}\right) + Z = 0.$$

12) Soll der Körper, blofs in Folge eines augenblicklichen Stofses, ohne Einwirkung der Schwere, sich in der Peripherie eines Kreises bewegen, dessen Halbmesser r ist, so hat man

$$L = 0 = r^2 - x^2 - y^2$$

und die Gleichungen der Bewegung werden (nach VIII) seyn

$$0 = \frac{d^2 x}{dt^2} + 2\lambda x,$$

$$0 = \frac{d^2 y}{dt^2} + 2\lambda y.$$

Die weitere Entwickelung dieser beiden Gleichungen zeigt, dafs die Geschwindigkeit des Körpers constant oder gleich A, und dafs, wenn die von dem Halbmesser des Kreises in der Zeit t beschriebene Fläche B heifst, $A = \frac{2B}{r}$ ist. Die Zeit t, in welcher der Körper den Bogen des Kreises zurücklegt, zu welchem die Abscisse x gehört, wird durch die Gleichung gegeben

$$t = \frac{r}{A} \text{ Arc. Sin. } \frac{x}{r},$$

so dafs daher die Zeit durch die ganze Peripherie des Kreises $T = \frac{2r\pi}{A}$ und der Druck des Körpers auf seine Bahn $D = \frac{4\pi^2 r}{T^2} = \frac{A^2}{r}$ ist. Dieses sind die Gleichungen, welche Huyghens zuerst für die Kreisbewegung gefunden hat, und von welchen oben gesagt worden ist, dafs sie ihn so nahe zur Entdeckung des Gesetzes der allgemeinen Schwere geführt haben.

B. Bewegung einzelner Körper durch Centralkräfte.

Bisher wurden nur solche Kräfte betrachtet, deren Richtungen mit einer der drei Coordinatenaxen parallel sind. Allein die meisten Kräfte der Natur sind so beschaffen, dafs sie nach einem bestimmten Puncte gerichtet sind, von dem sie, als von einem Mittelpuncte, gleichsam strahlenartig, wie das Licht, ausgehn. Insbesondere sind diejenigen Kräfte, welche

die Körper des Himmels in Bewegung setzen, durchaus solche *Centralkräfte*, daher wir diese hier besonders betrachten müssen.

1) Wenn auf einen Körper eine veränderliche Kraft R wirkt, die nach irgend einem festen Puncte gerichtet ist, den wir für den Anfangspunct der Coordinaten annehmen, so wird man für die nach den Richtungen dieser Coordinaten zerlegte Kraft die Ausdrücke haben

$$\frac{Rx}{r},\ \frac{Ry}{r},\ \frac{Rz}{r},$$

wo $r^2 = x^2 + y^2 + z$ die Entfernung des Körpers vom Mittelpuncte der Kraft bezeichnet. Ist nun der Körper keinen andern Bedingungen, als die aus dieser Kraft entstehn, unterworfen, so werden die Gleichungen (VIII) in folgende drei übergehn:

$$0 = \frac{d^2x}{dt^2} + \frac{Rx}{r},\ 0 = \frac{d^2y}{dt^2} + \frac{Ry}{r},\ 0 = \frac{d^2z}{dt^2} + \frac{Rz}{r},$$

wo demnach $X = \frac{Rx}{r}$, $Y = \frac{Ry}{r}$ und $Z = \frac{Rz}{r}$ ist.

Multiplicirt man die erste dieser drei Gleichungen durch y und die zweite durch — x, so giebt die Summe dieser Producte, wenn man sie integrirt,

$$x dy - y dx = c.dt$$

und ebenso erhält man

$$x dz - z dx = c'.dt,$$
$$y dz - z dy = c''.dt.$$

Multiplicirt man diese drei letzten Gleichungen nach der Ordnung durch z, — y und x, so giebt die Summe dieser Producte

$$c''x - c'y + cz = 0$$

die Gleichung einer Ebene, zum Zeichen, dafs die von den Körpern beschriebene Bahn selbst eine ebene Curve seyn mufs. Man kann daher z, also auch $Z = \frac{Rz}{r}$ gleich Null annehmen, wodurch man für die Bestimmung der Bewegung des Körpers die zwei Gleichungen erhält:

$$\left.\begin{aligned} 0 &= \frac{d^2 x}{dt^2} + \frac{Rx}{r} \\ 0 &= \frac{d^2 y}{dt^2} + \frac{Ry}{r} \end{aligned}\right\}.$$

Die erste Integration dieser beiden Gleichungen giebt die *Geschwindigkeit* $\frac{dx}{dt}$ nach der Richtung der x und $\frac{dy}{dt}$ nach der Richtung der y, also auch die Geschwindigkeit $\sqrt{\frac{dx^2 + dy^2}{dt}}$ oder $\frac{ds}{dt}$ des Körpers in seiner Bahn selbst. Die zweite Integration aber giebt die Werthe von x und von y für jeden Werth von t oder sie giebt den *Ort* des Körpers für jede gegebene Zeit in seiner Bahn. Eliminirt man endlich aus den beiden letzten Gleichungen die Gröfse t, so erhält man eine Gleichung zwischen x und y, die daher für die *Bahn* selbst gehört, welche der Körper beschreibt.

2) Diese Integrationen lassen sich erst dann in der That vornehmen, wenn die Function R durch r gegeben ist. Wir wollen nur zwei specielle Fälle kurz anführen.

Sey erstens die Kraft R der Entfernung r proportional oder sey $R = mr$, so sind jene beiden allgemeinen Gleichungen

$$\frac{d^2 x}{dt^2} + mx = 0, \quad \frac{d^2 y}{dt^2} + my = 0.$$

Wenn man diese Gleichungen zweimal integrirt und der bequemern Ausdrücke wegen $x = r$ Cos. v und $y = r$ Sin. v setzt, so erhält man

$$dt = \frac{r\,dr}{\sqrt{m\varrho}} \text{ und } dv = \frac{ab\,dr}{r\sqrt{\varrho}},$$

wo $\varrho = -a^2 b^2 + (a^2 + b^2) r^2 - r^4$ ist. Die letzten Integrale dieser zwei Ausdrücke sind aber

$$t - B = \frac{1}{2\sqrt{m}} \text{ Arc. Cos. } \frac{2\sqrt{\varrho}}{a^2 - b^2} \text{ und}$$

$$\text{Sin. } (v - A) = \frac{b}{r} \sqrt{\frac{a^2 - r^2}{a^2 - b^2}},$$

wo A, B, a, b die vier Constanten der Integration bezeichnen. Die letzte dieser Gleichungen zeigt, dafs die Bahn eine

Ellipse ist, deren Mittelpunct zugleich der Sitz der Kraft ist und deren halbe grofse und kleine Axe a und b ist. Fangen die Gröfsen v — A und t zugleich an, so ist $B = -\frac{\pi}{4\sqrt{m}}$ und man erhält folgende sehr einfache Ausdrücke:

$$r^2 = a^2 \operatorname{Cos.}^2 t . \sqrt{m} + b^2 \operatorname{Sin.}^2 t . \sqrt{m}$$

und

$$\operatorname{Tang}(v - A) = \frac{b}{a} \operatorname{Tang.} t . \sqrt{m},$$

wodurch man also den Werth von r und v für jede Zeit t erhält. Für $v - A = 90^\circ$ erhält man $t = \frac{\pi}{2\sqrt{m}}$, also ist die Zeit des ganzen Umlaufs des Körpers in seiner Bahn gleich $\frac{2\pi}{\sqrt{m}}$ oder von den Gröfsen a und b unabhängig.

3) Der zweite specielle Fall ist der der Natur, wo die anziehende Kraft der Sonne auf die Planeten, oder der Planeten auf ihre Satelliten, sich verkehrt wie das Quadrat der Entfernung dieser Körper von dem Mittelpuncte der auf sie wirkenden Kraft verhält. Wenn nämlich $R = \frac{\mu}{r^2}$ ist, so gehn jene zwei allgemeine Gleichungen in folgende über:

$$\frac{d^2x}{dt^2} + \frac{\mu x}{r^3} = 0,$$

$$\frac{d^2y}{dt^2} + \frac{\mu y}{r^3} = 0.$$

Die ersten Integrationen dieser zwei Gleichungen geben, wenn man wieder $x = r \operatorname{Cos.} v$ und $y = r \operatorname{Sin.} v$ setzt,

$$\frac{dr}{dt} = \frac{1}{r}\sqrt{\frac{\mu}{a}(2ar - ap - r^2)},$$

$$\frac{dv}{dt} = \frac{1}{r^2}\sqrt{\mu p} \text{ und}$$

$$\frac{ds}{dt} = \sqrt{\frac{2\mu}{r} - \frac{\mu}{a}},$$

für die Geschwindigkeit des Körpers in Beziehung auf den Radius vector r, auf den Winkel v und auf den Bogen s der beschriebenen Bahn.

Integrirt man diese Gleichungen noch einmal, so erhält man

$$r = \frac{p}{1 + e\,\mathrm{Cos.}(v - \omega)}$$

für die Gleichung der Bahn, welche daher ein Kegelschnitt ist. Die Gröſsen a, p, e und ω sind die vier Constanten der Integration, und zwar a die halbe groſse Axe, p der halbe Parameter, e die Excentricität und ω die Länge des Perihels oder der Punct der Bahn, von welchem man den Winkel v zählt.

C. Problem der drei Körper.

Wenn mehrere Körper von einem gemeinschaftlichen Centralpuncte angezogen werden und zugleich sich selbst unter einander anziehen, so sind die Schwierigkeiten der Integrationen gewöhnlich so groſs, daſs sie nur durch Reihen gegeben werden können, selbst in dem Falle, wo es sich nur um die Bewegung von zwei Körpern um einen dritten Centralkörper handelt. Dieses letzte Problem ist dasjenige, welches die Astronomen anwenden, um die gegenseitigen Störungen der Planeten unter einander zu bestimmen, da es der eigenthümlichen Constitution des Sonnensystems zufolge schon hinreicht, je zwei der Planeten abgesondert zu betrachten und ihre Bewegung um den dritten Körper, die Sonne, zu bestimmen. Aus dieser Ursache hat man auch dieses Problem das der drei Körper genannt. Wir können es hier, des beschränkten Raumes wegen, nur kurz andeuten.

Um die Bewegung eines Körpers, dessen Masse m ist, um einen Centralkörper von Masse = M unter der Voraussetzung zu bestimmen, daſs auf den bewegten Körper m noch andere Körper wirken, deren Massen m', m'', m'''.. sind, seyen x, y, z die rechtwinkeligen Coordinaten, welche die Lage von m gegen M bestimmen, während wir die Lage der andern Körper m', m''.. gegen denselben Centralkörper M durch die analogen Coordinaten x', y', z', x'', y'', z''..... ausdrücken wollen, so daſs also die Entfernungen dieser Körper m, m', m''..... von dem Centralkörper sind

$$= \sqrt{x^2+y^2+z^2};\; r' = \sqrt{x'^2+y'^2+z'^2};\; r'' = \sqrt{x''^2+y''^2+z''^2}$$

u. s. w.

Dieses vorausgesetzt sey

$$R = \frac{m'}{r'^3}(xx'+yy'+zz') + \frac{m''}{r''^3}(xx''+yy''+zz'') + \ldots$$
$$-\frac{m'}{\sqrt{(x'-x)^2+(y'-y)^2+(z'-z)^2}} - \frac{m''}{\sqrt{(x''-x)^2+(y''-y)^2+(z''-z)^2}} - \ldots,$$

so hat man, wenn man der Natur gemäfs wieder annimmt, dafs sich alle diese Körper unter einander im geraden Verhältnisse ihrer Massen und im verkehrten des Quadrats ihren Entfernungen, von einander anziehn, vermöge der Gleichungen (VIII) folgende drei Ausdrücke

$$\left.\begin{aligned} 0 &= \frac{d^2x}{dt^2} + \frac{\mu x}{r^3} + \left(\frac{dR}{dx}\right) \\ 0 &= \frac{d^2y}{dt^2} + \frac{\mu y}{r^3} + \left(\frac{dR}{dy}\right) \\ 0 &= \frac{d^2z}{dt^2} + \frac{\mu z}{r^3} + \left(\frac{dR}{dz}\right) \end{aligned}\right\},$$

wo $\mu = M + m$ ist. Diese Gleichungen geben die Bewegung des ersten Körpers m um den Centralkörper. Aehnliche findet man auch für die übrigen Körper m', m'', m'''........, wenn man die Gröfsen x, y, z mit einem oder zwei .... Strichen bezeichnet. Man begnügt sich aber, wie gesagt, schon mit zwei Nebenkörpern, so dafs dann in den vorhergehenden Ausdrücken alle Gröfsen x'', y'', z'' und x''', y''', z'''... gleich Null gesetzt werden. Setzt man aber auch den zweiten Körper m'' gleich Null, so erhält man die drei oder eigentlich nur die zwei Gleichungen

$$0 = \frac{d^2x}{dt^2} + \frac{\mu x}{r^3} \text{ und } 0 = \frac{d^2y}{dt^2} + \frac{\mu y}{r^3}$$

wieder, die wir schon oben [C. No. 3] betrachtet haben. Die Kunstgriffe, welche man angewendet hat, um aus jenen drei Gleichungen durch Integration die endlichen Werthe von x, y, z durch t, das heifst, den Ort des um M sich bewegenden und von m' gestörten Körpers m für jede gegebene Zeit abzuleiten, mufs man in den diesem Gegenstande besonders gewidmeten Schriften, vorzüglich in Laplace's Mécanique céleste, nachsehn. Wir begnügen uns hier, zum Schlusse dieser Un-

tersuchungen noch die Aufzählung der *allgemeinen Gesetze* der Bewegung zu geben, deren Kenntniſs zur Auflösung der in B und C betrachteten Differentialgleichungen von besonderm Nutzen ist.

D. Allgemeine Gesetze der Bewegungen.

1) Das erste dieser Gesetze wird das Princip der Erhaltung der Bewegung des Schwerpunctes genannt (*Principe de conservation du mouvement du centre de gravité*). Schon Newton, welcher dieses Gesetz entdeckte, hat in seinen Principien gezeigt, daſs der Zustand der Ruhe oder der Bewegung des Schwerpunctes eines Systems von Körpern durch die gegenseitige Wirkung dieser Körper auf und unter einander nicht verändert werde. Wenn solche Körper durch gegenseitige Anziehung mit einander wirken, oder wenn sie durch Fäden, Stangen u. dgl. unter einander verbunden sind, kurz, wenn keine äuſsern Kräfte, kein äuſseres, dem Systeme selbst fremdes Hinderniſs auf diese Körper einwirkt, so wird, jenem Principe gemäſs, der Schwerpunct dieses Systems immer entweder in *Ruhe bleiben*, oder doch, wenn er sich bewegt, *gleichförmig und in einer geraden Linie sich bewegen.*

D'Alembert hat später diesem Principe noch eine gröſsere Allgemeinheit gegeben. Aber auch unter der bisher gegebenen Darstellung desselben sieht man, daſs man, durch Hülfe dieses Princips, die Bewegung des Schwerpunctes eines Systems von Körpern bestimmen kann, unabhängig von den Bewegungen, welche diese einzelnen Körper jeder für sich haben mögen, und daſs man sonach immer drei endliche Gleichungen zwischen den Coordinaten der Körper und der Zeit erhält, die als die Integrale der oben (B und C) gegebenen Differentialgleichungen der zweiten Ordnung anzusehn sind. Wenn nämlich die Körper bloſs ihren gegenseitigen Wirkungen unterworfen sind, so werden ihre bewegenden Kräfte, auf den Schwerpunct des Systems übergetragen, sich daselbst je zwei und zwei zerstören oder aufheben. Jene Bewegung des Schwerpunctes des Systems wird auch durch den Stoſs der Körper gegen einander nicht gestört. Dieses Princip gilt aber nur, so lange kein Punct des Systems durch eine äuſsere Kraft fest gemacht

wird, oder so lange kein Körper desselben auf irgend einer Linie oder Fläche sich zu bewegen gezwungen ist.

2) Das zweite Princip ist das der Erhaltung der Flächen (*Principe de la conservation des aires*). Euler in seinen *Opusculis* und Daniel Bernoulli in den Mém. de Berlin haben es zuerst, beide in den Jahren 1746, aufgestellt. Nach ihnen ist, bei jeder Bewegung mehrerer Körper um einen fixen Mittelpunct, die Summe der Producte der Masse jedes Körpers in seine Winkelgeschwindigkeit um diesen Punct und in seinen Abstand von diesem Puncte stets eine constante Gröfse und unabhängig von der gegenseitigen Wirkung der Körper unter einander. Nennt man r die Entfernung des Körpers von jenem fixen Centralpuncte und v den Winkel, welchen dieser *Radius Vector* r mit irgend einer durch denselben Centralpunct gehenden festen Linie macht, so ist $r\,dv$ die Winkelgeschwindigkeit des Körpers und $\frac{1}{2}r^2\,dv$ der Ausdruck der *Fläche*, welche der Radius Vector r beschreibt, während er um den Centralpunct den Winkel r zurücklegt. Diese Fläche, multiplicirt in die Masse des Körpers, ist also, nach jenem Principe, eine constante Gröfse. Auf diese Weise ist auch dieses Princip von d'Arcy[1] dargestellt worden, indem es heifst, dafs bei jeder Centralbewegung die Summe der Producte der Masse jedes Punctes in die auf irgend eine Ebene projicirte Fläche, die der Radius Vector des Punctes um jenen Centralpunct während einer gegebenen Zeit beschreibt, dieser Zeit proportional ist.

Dieses Princip folgt unmittelbar aus den oben für die Centralbewegung aufgestellten allgemeinen Gleichungen

$$S\frac{d^2x}{dt^2}dm = S.X\,dm;\; S\frac{d^2y}{dt^2}dm = S.Y\,dm;\; S\frac{d^2z}{dt^2}dm = S\,Z\,dm.$$

Denn multiplicirt man die erste derselben durch y und die zweite durch $-x$, so giebt ihre Summe, wenn man integrirt,

$$S\left(\frac{y\,dx - x\,dy}{dt}\right)dm = S\int(Xy - Yx)\,dm\,dt + C,$$

und ebenso

$$S\left(\frac{z\,dx - x\,dz}{dt}\right)dm = S\int(Xz - Zx)\,dm\,dt + C',$$

$$S\left(\frac{z\,dy - y\,dz}{dt}\right)dm = S\int(Yz - Zy)\,dm\,dt + C'',$$

1 Mém. de Par. 1747.

wo C, C', C'' die Constanten der Integration sind. Wirken nun keine äufsern Kräfte auf den Körper oder auf das System von mehrern, auf irgend eine Art unter einander verbundenen Körpern, so ist $X=Y=Z=0$. Aber wenn auch irgend innere oder äufsere, nur solche Kräfte, die nach dem Anfangs- oder Centralpuncte des Systems gerichtet sind, auf die Körper wirken, so hat man

$$\frac{X}{Y}=\frac{x}{y};\ \frac{X}{Z}=\frac{x}{z}\ \text{und}\ \frac{Y}{Z}=\frac{y}{z},$$

und in beiden Fällen sind offenbar die zweiten Theile der letzten drei Gleichungen gleich Null, so dafs man daher hat

$$S(y\,dx-x\,dy)\,dm=C.dt,$$
$$S(z\,dx-x\,dz)\,dm=C'.dt,$$
$$S(z\,dy-y\,dz)\,dm=C''.dt,$$

welche Gleichungen offenbar jenes Princip ausdrücken, da bekanntlich $y\,dx-x\,dy$, $z\,dx-x\,dz$, $z\,dy-y\,dz$ nichts anderes sind, als die doppelten Winkelflächen, welche der Radius Vector in der Zeit dt beschreibt, projicirt auf die drei coordinirten Ebenen der xy, xz und yz.

3) Das dritte Princip ist das der Erhaltung der lebendigen Kraft (*de la conservation des forces vives du systême*). Es wurde, wie schon oben erwähnt, von Huyghens bei Gelegenheit des Problems von dem Schwingungsmittelpuncte zuerst, obschon in einer andern Form, aufgestellt. Nach diesem Princip ist, bei der Bewegung schwerer Körper, die Summe der Producte der Masse eines jeden Körpers in das Quadrat seiner Geschwindigkeit immer dieselbe, diese Körper des Systems mögen sich alle zusammen auf irgend eine Weise verbunden bewegen, oder sie mögen, jeder einzeln, frei denselben verticalen Weg herabfallen. Auf diese Weise hat Huyghens dieses Princip dargestellt wenn er es gleich mit andern Worten ausdrückt. Allein später brachte Leibnitz die Unterscheidung der *todten* und *lebendigen Kräfte* in Aufnahme, indem er durch jene den blofsen Druck der Körper, der keine Bewegung hervorbringt, und durch diese jene Kräfte bezeichnete, aus welchen eigentliche Bewegungen entspringen. Für diese lebendigen Kräfte nahm er als Mafs ihrer Wirkung das Product der Masse in das Quadrat ihrer Geschwindigkeit an. Johann und Daniel Bernoulli nahmen diese Unter-

scheidung und das darauf gegründete Princip der lebendigen Kraft mit dem ihnen eigenen regen Eifer auf und suchten auf ihr weiter fortzubauen. Der letzte besonders gründete darauf seine sinnreiche Theorie der Bewegung der Flüssigkeiten in Röhren und zeigte[1], dafs dieses Princip nicht blofs für die der Schwere unterworfenen Bewegungen, sondern auch für jede andere Centralkraft gelte und dafs dasselbe von den Verbindungen der Körper eines Systems unter sich unabhängig sey.

Man kann die allgemeine Gleichung (VIII) der Bewegung eines Systems von Körpern immer auf folgende Weise ausdrücken:

$$0 = S.m\left(\frac{d^2x\delta x + d^2y\delta y + d^2z\delta z}{dt^2} + P\delta p + P'\delta p' + \ldots\right),$$

wo P, P', P''.... die Kräfte bezeichnen, welche aus der gegenseitigen Anziehung der Körper, aus ihren Verbindungen unter einander u. s. w. entstehn. Nimmt man nun an, dafs der Ausdruck $P\delta p + P'\delta p' + P''\delta p'' + \ldots = d\Pi$ ein vollständiges Differential ist, was immer der Fall seyn wird, wenn jene Kräfte Functionen der Abstände der Körper unter sich sind, so hat man, wenn man die Zeichen d und δ als gleichbedeutend voraussetzt,

$$0 = S.m\left(\frac{dxd^2x + dyd^2y + dzd^2z}{dt^2} + d\Pi\right)$$

und, wenn man integrirt,

$$A = S.m\left(\frac{dx^2 + dy^2 + dz^2}{2dt^2} + \Pi\right),$$

wo A die constante Gröfse der Integration und $\sqrt{\frac{dx^2 + dy^2 + dz^2}{dt^2}}$ der bekannte Ausdruck der Geschwindigkeit ist. Diese Gleichung enthält daher das erwähnte Princip der Erhaltung der lebendigen Kraft. Die lebendige Kraft des Systems hängt also, wie diese Gleichung zeigt, blofs von denjenigen Kräften des Systems ab, die in dem Innern desselben wirksam sind, keineswegs aber von der Verbindung dieser Körper oder von den krummen Linien, welche sie beschreiben. Der grofse Vortheil dieses Princips besteht darin, dafs dasselbe unmittelbar eine endliche Gleichung zwischen der Geschwindigkeit v

1 Mém. de Berlin 1748.

des Körpers und zwischen den Coordinaten x, y, z seines Ortes giebt. Wenn sich daher, nach der Natur des Problems, diese drei Coordinaten auf eine einzige reduciren, wie dieses bei den der bloſsen Schwere unterworfenen Körpern der Fall ist, so wird durch diese letzte Gleichung auch das Problem zugleich vollständig aufgelöst. In allen andern Fällen aber giebt dieses Princip doch wenigstens eine erste Differentialgleichung, so wie das Princip der Erhaltung der Flächen drei solche erste Differentialgleichungen giebt, und dieses ist allerdings schon als ein groſser Gewinn für die beabsichtigte Auflösung selbst zu betrachten.

4) Das vierte Princip ist das *der kleinsten Wirkung* (*le Principe de la moindre quantité d'action*). Nach diesem Princip ist bei der Bewegung der Körper, die unter einander auf sich selbst wirken, die Summe der Producte der Massen in die Geschwindigkeiten und in die von jedem Körper durchlaufenen Räume immer ein Kleinstes oder ein *Minimum*. Maupertuis hat es zuerst auf seine Untersuchungen über die Reflexion und Refraction des Lichts angewendet[1], Euler hat in seiner Abhandlung über die isoperimetrischen Curven[2] die Gültigkeit dieses Princips für jede Centralbewegung nachgewiesen, wenigstens bei einzelnen oder isolirten Körpern, Lagrange[3] aber hat die groſse Allgemeinheit desselben dargethan und gezeigt, daſs man aus ihm unmittelbar die oben aufgestellte allgemeine Gleichung der Bewegung der Körper überhaupt ableiten kann. Nach Lagrange's Darstellung besteht dieses Princip darin, daſs bei jeder Bewegung eines Systems von Körpern irgend einer Art die Summe der Producte der Massen in das Integral der Geschwindigkeit, multiplicirt mit dem Differential des durchlaufenen Raumes, allezeit entweder ein *Maximum* oder ein *Minimum* ist. Nennt man also m die Masse, v die Geschwindigkeit und ds das Differential des durchlaufenen Raumes, den ein Körper des Systems beschreibt, so hat man, nach dem aufgestellten Princip,

$$\delta . Sm . \int v ds = 0.$$

1 Mém. de Paris 1744. Mém. de Berlin. 1746.

2 Lausanne 1744.

3 Mém. de Turin.

Da das Variationszeichen δ von den Summenzeichen $\int$ und S unabhängig ist, so hat man auch

$$\delta . \mathrm{S}\, m . \int v\, ds = \mathrm{S}\, m . \int \delta (v\, ds) = \mathrm{S}\, m . \int (ds\, \delta v + v\, \delta ds) = 0.$$

Der erste Theil dieses Ausdrucks ist

$$\mathrm{S}\, m . \int ds\, \delta v = \mathrm{S}\, m . \int v\, \delta v\, dt = \int dt . \mathrm{S}\, m . v\, dv.$$

Nach dem oben angeführten Princip der Erhaltung der lebendigen Kraft ist aber

$$\mathrm{S}\, v^2 . m = 2A - 2\mathrm{S} . \Pi m, \text{ wo } d\Pi = P\delta p + P'\delta p' \ldots \text{ ist.}$$

Also ist auch

$$\mathrm{S}\, m . v\, \delta v = - \mathrm{S}\, \delta \Pi m = - \mathrm{S}\, (P\delta p + P'\delta p' + \ldots\ldots) m.$$

Der zweite Theil desselben Ausdrucks aber ist $\mathrm{S}\, m . \int v\, \delta ds$ oder

$$\mathrm{S}\, m . \int v \left(\frac{dx\, d\delta x + dy\, d\delta y + dz\, d\delta z}{ds} \right) = \mathrm{S} m . \int \frac{dx\, d\delta x + dy\, d\delta y + dz\, d\delta z}{dt}.$$

Es ist aber

$$\int \frac{dx\, d\delta x}{dt} = \frac{dx}{dt}\, \delta x - \int \delta x\, d . \frac{dx}{dt} \text{ u. s. w.,}$$

also ist auch dieser zweite Theil

$$- \mathrm{S}\, m . \int \left(\frac{d^2 x}{dt}\, \delta x + \frac{d^2 y}{dt}\, \delta y + \frac{d^2 z}{dt}\, \delta z \right),$$

und daher geht die ganze erste Gleichung, wenn man die Zeichen S und $\int$ versetzt, in folgende über

$$\int dt . \mathrm{S} m \left[\frac{d^2 x}{dt^2} \delta x + \frac{d^2 y}{dt^2} \delta y + \frac{d^2 z}{dt^2} \delta z + P\delta p + P'\delta p' + P''\delta p'' + \ldots\ldots \right] = 0$$

und dieses ist die oben gegebene allgemeine Gleichung der Bewegung überhaupt, so daſs man demnach die ganze Lehre der Bewegung allein aus dem Princip der kleinsten Wirkung oder aus der einfachen Gleichung

$$\delta . \mathrm{S}\, m . \int v\, ds = 0$$

ableiten kann.

5) Das fünfte und letzte Princip der Dynamik endlich ist das der Coexistenz der kleinen Oscillationen.

Unabhängig von der progressiven und rotirenden Bewegung eines Systems, bei welchem die gegenseitigen Distanzen der Körper unveränderlich sind, giebt es noch andere Bewegungen, wo die Entfernungen der Körper des Systems unter einander kleiner oder gröſser werden. Nimmt man, wie es sehr oft erlaubt ist, diese Veränderungen der Abstände der

Körper nur sehr klein an, so lassen sich alle hierher gehörenden Probleme auf lineäre Gleichungen zurückführen, wodurch demnach die Bestimmung der Coordinaten x, y, z jedes Körpers als Function der Zeit t sehr erleichtert wird.

Wenn nämlich eine Anzahl von an sich kleinen Kräften zugleich auf ein System von körperlichen Puncten wirkt, so ist die Totalwirkung dieser Kräfte auf das System gleich der Summe der einzelnen Wirkungen einer jeden Kraft, diese als allein existirend angenommen, wenigstens so lange, als durch diese Kräfte die ursprüngliche Relation der Theile des Systems gegen einander nicht wesentlich geändert wird, gleichsam wie die weit ausgebreitete Wasserfläche eines breiten Flusses oder des Oceans durch unzählige kleine Störungen, durch jedes leise Lüftchen an ihren obersten Theilen in mannigfaltige Bewegungen, in ebenso unzählige kleine Wellen versetzt wird, deren jede sich im Allgemeinen so fortpflanzt, als ob sie allein da wäre, während die ganze grofse Wassermasse ihren Weg verfolgt, als ob alle jene Wellen ganz und gar nicht da wären.

Weiter ausgedehnt erklären sich durch dasselbe Princip die mannigfaltigen kleinen periodischen Störungen, die in einem Systeme von Körpern, das durch innere und äufsere Kräfte in Bewegung gesetzt wird, besonders in unserm Planetensysteme, so oft bemerkt werden. In dieser Ausdehnung kann nämlich jenes Princip so ausgedrückt werden: Wenn in einem Systeme von Körpern ein Theil dieses Systems, der auf was immer für eine Art mit den übrigen Theilen verbunden ist, durch irgend eine auf diesen Theil längere Zeit hindurch einwirkende Kraft in eine periodische (regelmäfsig wiederkehrende) Bewegung versetzt wird, so wird sich diese periodische Bewegung allmälig über das ganze System fortpflanzen und auch in jedem andern Theile dieses Systems ähnliche periodische Bewegungen erzeugen, und die Zeiten dieser sämmtlichen Perioden werden unter sich gleich grofs seyn, wenn gleich die gröfsten und kleinsten Werthe dieser periodischen Bewegungen nicht in dieselben Zeiten fallen.

VII. Literatur der Mechanik.

Wir theilen hier die vorzüglichsten Werke über diesen Gegenstand mit und ordnen sie, zur bequemen Uebersicht derselben, in mehrere Classen.

A. Literatur der theoretischen Mechanik.

D'Alembert traité de dynamique. Par. 1796 (neueste Aufl.).

— — traité de l'équilibre et du mouvement des fluides. Par. 1744.

Archimedis opera mechanica. Par. 1646. Deutsch von Sturm. 1670.

Bernoulli (Dan.) hydrodynamica. Argentor. 1767.

Bernoulli (Joh.) Hydraulica, nunc primum demonstrata. (Im 4ten Theil seiner Werke. Genf 1732.)

Bessel über das Secundenpendel. Berl. 1828.

Bezout la mécanique, revue par Garnier. Par. 1814. II Vol.

Borelli de vi percussionis 1686 und de motu animalium 1710.

Bossut Hydrodynamik. 2 Voll. Deutsch. Frkfrt. 1792.

— — traité élém. de mécanique et statique. Par. 1777.

— — traité élém. de mécanique appliquée. Par. 1763.

Boucharlat élém. de mécanique. Par. 1815.

Brandes Lehrb. der Gesetze des Gleichgewichts. 2 Thle. Leipz. 1817.

Buat Grundlehren der Hydraulik, übers. von Lempe und von Kosman. 1796.

Bürja (elem.) Grundlehren der Statik. Berlin 1789. Dynamik 1791. Hydrostatik 1790 und Hydraulik 1792.

la Caille leçons élém. de mécanique. Par. 1757.

Camus élémens de mécanique. 2 Voll. Par. 1751.

Carnot de l'équilibre et du mouvement. Par. 1803.

— — Grundl. der Mechanik, übers. von Weiss. Leipzig 1805.

Cartes (des) traité de mécanique. Par. 1668.

Dupin Mechanik und Geometrie. 2 Voll. Deutsch. Strafsb. 1826.

Dulague Leçons de la navigation. Par. 1824.

Euler Gesetze des Gleichgewichts und der Bew. flüssiger Körper, übersetzt von Brandes. Leipz. 1806. 3 Thle.

— — mechanica, seu motus scientia. 2 Voll. Petersb. 1736.

Euler theoria motus corporum rigidorum. Rostock und Greifsw. 1790.

Ferrari dissertazioni idrauliche. Mailand 1793.

Fontana sulla mecanica animale. Pavia 1791.

— — della dinamica. Pavia 1792.

Forstner theoretische Mechanik 1831.

Francoeur traité élém. de mécanique. 4te Aufl. Par. 1807.

Galilei discursus circa duas novas scientias. Leyden 1699. Ital. 1638.

Garnier leçons de statique. Par. 1811.

Gassendi de motu perpendiculorum. Par. 1646.

Gauss theoria figurae fluidorum. Götting. 1830.

— — determinatio attractionis corporum. Gött. 1818.

Grunert Statik fester Körper 1810.

Guido Ubaldi mechanicorum liber. Vened. 1615.

Guldin de centro gravitatis. Wien 1635.

Heinen System von Kräften. Essen 1834.

Herrmann Phoronomia. Amsterd. 1716.

la Hire traité de mécanique. Par. 1698.

Huyghens horologium oscillatorium. Par. 1673.

— — Opera omnia. IV Voll. 1724.

Ide System der reinen und angew. Mechanik. II. Braunschw. 1802.

— — Theorie der Bewegung, nach Laplace. 1800.

Karstens Lehrbegriff der Mathem. III. bis VI. Thl.

Kaestner Anfangsgr. der höh. Mechanik. Gött. 1793.

— — Anfangsgründe der Hydrodynamik. Gött. 1769.

Kater Mechanics. Lond. 1831.

Krafft Mechanik. Dresd. 1787.

Kraft Vorlesungen über Mechanik, übers. von Steingruber. II. Dresd. 1787.

Lamy traité de mécanique. Amst. 1734.

Lagrange mécanique analytique. 2 Voll. Par. 1788. Uebers. von Murhard. Gött. 1797. Neue Aufl. des Originals. Paris 1814.

Laplace mécanique céleste. V Voll. Paris.

Lardner on mechanics. Lond. 1831.

— — on Hydrost. and Pneumatics. Lond. 1832.

Langsdorf mech. u. hydr. Untersuchungen. II. Altenb. 1782.

— — Lehrbuch der Hydraulik. Altenb. 1796.

— — Lehrbegriff der Hydrodynamik, aus dem Französ. von Bossut. II. Frankf. 1792.

Langsdorf Handbuch der gem. und höh. Mechanik. II. Heidelb. 1807.
Lehmann Anfangsgründe der höh. Mechanik.
Lehmus Lehrb. der angew. Math. 3 Voll. Berl. 1822.
Maclaurin traité des Fluxions. Par. 1749.
Magold Mechanik fester Körper. München 1809. 2 Thle.
Mariotte Grundlehren der Hydrostatik und Hydraulik, aus d. Französ. von Meinig. Leipz. 1723.
Monge traité élém. de statique. 3te Aufl. Par. 1798. 5te Aufl. von Hachette. Par. 1810. Deutsch von Hahn. Berl. 1807.
Newton principia mathem. philosophiae naturalis. 3te Ausg. Lond. 1726. 4te Ausg. Genf 1739.
Ozanam mécanique. II. Paris 1699.
Parkinson system of Mechanics. Lond. 1789.
Poinsot Elemente der Statik, deutsch von Hartmann. 1831.
Poisson traité de mécanique. II Voll. Neue Aufl. Paris 1833, deutsch von Stern. Berl. 1835.
Pontecoulant théorie analytique du système du monde. Par. 1829. 3 Voll.
Poselger statices elementa. Berl. 1818, deutsch 1824.
Prony mécanique philosophique. Par. 1800.
— — leçon de mécanique analytique. Par. 1815.
Raupach Grundrifs der Dynamik. Halle 1819.
Scherffer institutiones mechanicae. 2 Voll. Wien 1773.
Sommerville Mechanism of the heavens. Lond. 1831.
Switzer general system of hydrost. and hydraulics. Lond. 1729.
Torricelli de motu gravium projectorum. Florenz 1644.
Umpfenbach Lehre vom Gleichgewicht. Berl. 1824.
Varignon nouvelle mécanique. II. Par. 1744.
— — traité du mouvement des eaux. Par. 1725.
Vega Vorlesungen, 3r und 4r Band, 2te Aufl. Wien 1819.
Venturoli Elementi di Meccanica e d'Idraulica. Milano 1817. II T. 8.
Wallis tractatus de percussione. Oxford 1699.
— — mechanica. III. Lond. 1660.
Weber Mechanik. München 1811. 2te Aufl.

B. Praktische Mechanik und Maschinenlehre.

Alexander traité général des horloges. Par. 1734. Uebers. von Berger. Lemgo 1738 und 1763.

Baader neues System der fortschaffenden Mechanik. München 1822. fol.

Banks über Mühlwerke. Uebersetzt von Zimmermann. Berl. 1800.

Babbage über Maschinenwesen. Berlin 1833.

Belidor architecture hydraulique. IV Voll. Par. 1736 — 53. übers. Sulzbach 1740 — 71.

Berthelot la mécanique appliquée aux arts. 2 Voll. Paris 1781.

Berthoud Essai sur l'horlogerie. Par. 1763, übers. von Vogel. Meifsen 1790.

— — traité des horloges marines. Par. 1773. 1792.

— — traité des montres à longitude. Par. 1792 avec une suite. Ebend. 1797.

Beyer Schauplatz der Mühlenbaukunst. III Voll. Lpzg. 1735. fortgesetzt von Weinhold. Dresd. 1788 — 1803.

Bion traité des instrumens de mathématique. 5te Aufl. Paris 1752.

— — neu eröffnete math. Werkschule. Letzte Aufl. Nürnb. 1765. III Voll.

Borgnis traité complet de mécanique. 8 Voll. Par. 1818—21.

Brix Lehrbuch der dynamischen Wissenschaften. Ir u. IIIr Bd. Berl. 1831.

Christian Traité de mécanique industrielle. III. T. 4. Paris 1822—25.

Coriolis du Calcul de l'Effet des Machines. Par. 1829. 4.

Coulomb sur la théorie des machines simples. Par. 1781. Neue Aufl. Par. 1821.

Derham the artificial Clock-Maker. IIIte Aufl. Amst. 1714. franz. Par. 1731.

Egen Untersuchungen über den Effect einiger Wasserwerke. Berl. 1831. 4.

Eschenbach Kunstmagazin der Mechanik. Leipz. 1802.

Eytelwein Handbuch der Mechanik und Hydraulik. Berlin 1801.

— — Handbuch der Statik fester Körper. III. 1808.

Flörke vom Mühlenbau. Berlin 1804.

Funk Hydrotechnik. Berl. 1820.

— — Beiträge zur Wasserbaukunst. II. Lemgo 1808.

Gallon Machines approuvées par l'acad. Royale. V Voll. Par. 1735.

Geisler Beschr. der neuesten Instr. XII Voll. Zittau 1793—1802.

Gerstner Theorie der Wellen. Prag 1800.
— — Mechanik. 3 Voll. Prag 1830 — 34.
Gilly und Eytelwein pract. Anweisung zur Wasserbaukunst. IV. Berl. 1805.
Hachette traité élém. des machines. Par. 1808.
Horst Theatrum machinarum. III. Amsterd. 1736.
Kunze Schauplatz der gemeinnützigsten Maschinen. Hamburg 1796.
Langsdorf Handbuch der Maschinenlehre. II. Altenb. 1797. 4.
— — Ausführliches System der Maschinenkunde. II. Heidelb. 1826. 4.
Lasteyrie collection de machines. 20 Voll. Par. 1821. Deutsch. Stuttg. 1822.
Lempe Lehrbegriff des Maschinenwesens. Lpzg. 1796.
Leupold theatrum machinarum. XI Voll. Lpzg. 1724.
Lindt Schauplatz der verbesserten Mühlenbaukunst. II. München 1819.
Maillard théorie des machines mues par la force de la vapeur. Vienne et Strasb. 1784.
Meltzer neuverbesserte Mühlenbaukunst. II Voll. Lpzg. 1805.
Michelotti sperimenti idraulici. Turin 1767. Deutsch von Zimmermann. Berl. 1808.
Nordwall Maschinenlehre, aus dem Schwedischen von Blumhof. II. Berlin 1804.
la Paute traité d'horlogerie. Par. 1755.
Poppe Encyclopädie des gesammten Maschinenwesens. VI Voll. Lpzg. 1810.
— — die Mechanik des 18. Jahrhunderts. Pyrmont 1807.
— — Geschichte der Uhrmacherkunst. 2 Thle. Lpz. 1801.
Prony nouvelle architecture hydraulique. Par. 1790. Uebers. von Langsdorf. Frankf. 1794 und 1800.
Schotti mechanica hydr. pneumatica. Frankf. 1687, magia universalis. Frankf. 1657 und technica curiosa 1687.
Silberschlag Abhandl. über den Wasserbau. II. Lpz. 1772.
Sprengel Handwerke und Künste. XVII Voll. Berl. 1778 — 96.
Vioniaux horlogerie pratique. Toulouse 1788.
Wiebeking Beitr. zum pract. Wasserbau. Düsseldorf 1792. II Voll.
Woltmann Untersuchung der Wirkung der Maschinen. Gött. 1804.
Zyl theatrum machinarum. Amsterd. 1734.

C. Schifffahrtskunde.

L'Art de bâtir les vaisseaux. II Voll. Amsterd. 1719.

d'Assie architecture navale. Par. 1677.

Barrow navigatio britannica. Lond. 1750.

Bernoulli (Joh.) sur la manoeuvre des vaisseaux. Basel 1714.

Bézout traité de navigation. II édit. rédigée par Rossel. Par. 1814.

Biot traité d'Astronomie, avec l'Astr. nautique par Rossel. 2te Aufl. III Voll. Par. 1810.

Bouguer traité complet de la navigation. Par. 1781, herausgegeben von Lalande 1792, in das Italien. übers. Livorno 1795.

Bourguet traité de navigation. Par. 1808.

Brarens System der Steuermannskunde. Magdeb. 1807.

Braubach versch. Schriften über nautische Gegenstände.

Chapman architectura navalis. Holm. 1768.

— — traité de la constr. des vaisseaux. Par. 1781.

Courtelary Darstellung der Marine. 2 Voll. Zürch 1808.

David the Seaman's Secret. Lond. 1594 und VIIIte Aufl. 1657.

Dulage leçons de navigation. Par. 1768.

Euler scientia navalis. II Voll. Petersb. 1749.

Falconer universal dictionary of the marine. Lond. 1769.

Forfait traité de la mâture des vaisseaux. Par. 1788.

Handbuch der Schifffahrtskunde. Hamb. 1820.

Harries treatise of navigation. Lond. 1738.

Juan's versch. Schriften über diesen Gegenstand.

Kelly's whole art of navigation. II Voll. Lond. 1733.

Lalande abrégé de navigation. Par. 1793.

Lassale traité d'hydrographie. Par. 1817.

Lescallier traité pratique du gréement des vaisseaux. II Voll. Lond. 1791.

Maskelyne the british Mariners Guide. Lond. 1763.

Maupertuis astronomie nautique. Par. 1743.

Mendoza's versch. Schriften über diesen Gegenstand.

Monceau Architecture navale. Zweite Aufl. Paris 1758. Uebers. von Müller. Berlin 1791.

Moore the practical navigator. Lond. 1772.

Murray treatise on Ship-Building. 2te Aufl. Lond. 1765.

Patoun compleat treatise of pract. navigation. IVte Aufl. Lond. 1770.

Pézénas versch. Schriften über diesen Gegenstand.
Pilot, the english. V Voll. fol. Lond. 1735.
Pitot théorie de la manoeuvre des vaisseaux. Par. 1731.
Robertson elements of navigation. 5te Aufl. Lond. 1786.
Roeding Wörterbuch der Marine, in 12 Sprachen. 4 Voll. Hamb. 1793.
Romme's und Saverien's versch. Schriften über diesen Gegenstand.
Seller practical navigation. 14te Aufl. Lond. 1742. Französ. Dieppe 1772.
Sutherland the ship-builders Assistent. VIte Aufl. Lond. 1784.
Tournier hydrographie. 3te Aufl. Par. 1679. fol.
Villehuet le manoeuvrier. Par. 1769. Lond. 1788.
Villeneuve science de la marine. 4 Voll. Haag 1757.
Wilson navigation made easy. Vte Aufl. Lond. 1780.

L.

Meer.

Ocean, See (die); *Mare, Oceanus*; Mer, Ocean; *Sea, Ocean.*

Meer[1], auch wohl Weltmeer, nennt man die grofse zusammenhängende Wassermasse, welche ungefähr zwei Drittheile der ganzen Erdoberfläche bedeckt. Sowohl dieses grofse Ganze wird Meer oder Ocean genannt, als auch einzelne beträchtliche Theile desselben, namentlich der atlantische Ocean

1 Diesen Artikel hatte der verewigte v. Horner übernommen, und äufserte wiederholt, dafs die Behandlung dieses Gegenstandes für ihn von grofsem Interesse sey. Sicher würde er, durch seine grofse Reise unter von Krusenstern so innig mit diesem Elemente vertraut und bei seiner ausgebreiteten Belesenheit in den Berichten der berühmtesten Seefahrer, Ausgezeichnetes geliefert haben, wenn nicht der Tod seiner Thätigkeit ein zu frühzeitiges Ziel gesetzt hätte. Unter seinen Papieren finden sich jedoch nur einzelne wenige und meistens nur ihm allein verständliche Bemerkungen, deren einige ich benutzt habe. Der Gegenstand könnte sehr ausführlich behandelt werden, wenn man auch solche Sachen hineinziehn wollte, die nicht zunächst in das Gebiet der Physik und der physikalischen Erdbeschreibung gehören; ich werde mich jedoch blofs auf die Hauptsachen beschränken.

zwischen Europa und America, der stille Ocean zwischen America und Asien, welche beide in den nördlichen und südlichen abgetheilt werden, und der indische Ocean zwischen Asien und Africa. Alle diese heifsen auch Meere, als das atlantische, stille und indische Meer. Man giebt aber den Namen *Meer* auch solchen einzelnen Theilen, die man nicht durch das Wort *Ocean* bezeichnet, als das Eismeer, das Polarmeer, sowohl das nördliche, als auch das südliche, das äthiopische Meer und viele kleinere, meistens nach den einschliefsenden Ländern benannte, als das schwarze, das mittelländische, das ägäische, das adriatische, das gelbe Meer, das japanische, das Meer von Ochotzk und mehrere andere. Bei einigen ist weder der Ausdruck Meer noch auch Ocean gebräuchlich, sondern See, als die Südsee, die Nordsee, die Ostsee u. s. w. Man unterscheidet ferner das Weltmeer, die offene See, von solchen, die durch Küsten begrenzt sind, und den Meerbusen, die auch Golfe, an den norwegischen Küsten Fiörden, genannt werden, von den Meerengen, die häufig Strafsen heifsen, und hauptsächlich auch von den ganz eingeschlossenen oder Landseen, die jedoch zuweilen auch Meere genannt werden, wie namentlich das kaspische Meer[1]. Alle die hier angegebenen verschiedenen Namen sind jedoch so bekannt, dafs sie keine nähere Erläuterung verdienen.

A. Meeres-Ufer.

1) Die Ufer des Meeres liegen selten auf eine bedeutende Strecke in einer geraden Linie, sondern sie sind vielfach unregelmäfsig gekrümmt, springen oft zackig hervor, haben eine Menge Buchten und Einschnitte und zeigen die auffallendsten Spuren bedeutender Veränderungen, die der Wellenschlag und die auflösende Kraft des Wassers, aufser sonstigen verschiedenen Ursachen, im Laufe der Jahrhunderte allmälig bewirkt haben, wie bereits oben[2] ausführlich erörtert worden ist. Ihrem allgemeinen Charakter nach bestehn sie entweder aus steilen Felswänden, die oft von unglaublicher Höhe sind, wie namentlich an der Westküste von Südamerica, oder aus einzelnen hervorspringenden Felsen, z. B. an der Westküste

1 Vergl. *See*. Bd. VIII. S. 713.
2 S. *Geologie*. Bd. IV. S. 1314 ff.

von Schottland und hauptsächlich von Norwegen; an allen diesen ist die Brandung des Meeres furchtbar und erregt ein weithin hörbares Brausen. Oder sie sind mehr oder minder geneigte Ebenen, wie hauptsächlich an der West- und Nordwestküste von Africa und der Ostküste von America, die sich oft mit allmäliger Verflachung viele Meilen weit in das Meer erstrecken, den Schiffen die Annäherung erschweren, wie namentlich an den holländischen Küsten, und nicht selten von der Fluth, insbesondere wenn diese durch Sturmwinde unterstützt wird, überschwemmt werden. In der Regel sind diese sandig und bilden in ihrer weitern Erstreckung seewärts die zahlreichen Sandbänke und Dünen, statt dafs von den Felsen aus Klippen und Riffe in die See fortlaufen.

B. Meeres-Spiegel.

2) Die ebene Oberfläche des Meeres nennt man seinen Spiegel oder sein Niveau. Nur bei eingeschlossenen Buchten, an Stellen, die gegen den Einflufs der Winde und der Strömungen geschützt sind, z. B. über der grofsen Sandbank vor Neufundland, zwischen dem Eise und bei gänzlicher Windstille ist die Oberfläche des Meeres ganz eben und spiegelnd, meistens dagegen ist sie mit ungleich hohen Wellen bedeckt, die von den kleinsten kräuselnden bis zu denen von furchtbarer Höhe zunehmen und an den Klippen die sogenannte *Brandung* erzeugen, über die flachen Ufer aber das Wasser bis zu beträchtlichen Strecken forttreiben. Ist das Meer ruhig, oder blofs mit Wellen von wenigen Fufs Höhe bedeckt und zugleich das Auge vom Anblicke der begrenzenden Küsten einige Zeit entwöhnt, so verschwindet allmälig die unermefsliche Ausdehnung, welche das weite Meer von den Küsten aus gesehn dem Auge darbietet, und da vergleichbare Gegenstände, die ein Mafs der Gröfse geben können, fehlen, so erscheint das Schiff, worauf man sich befindet, sehr klein, zugleich aber in einer kreisrunden Vertiefung schwimmend, deren hohe Grenzen scheinbar kaum mehrere hundert Fufs Entfernung haben. Diese Täuschung verschwindet jedoch, sobald willkürlich entfernte Gegenstände wahrgenommen werden, und es bleibt nur der Theil der Täuschung, wonach die See vom Schiffe aus sich bis in jede, auch eine unabsehbare Ferne zu erheben scheint und wovon der Ausdruck

die hohe See entnommen ist. Jene erste Täuschung läfst sich leicht aus der Abwesenheit jeder genauern Messung erklären und kommt damit überein, dafs uns auch Sonne, Mond und Sterne gleich weit und unverhältnifsmäfsig nahe zu seyn scheinen; die letztere beruht auf bekannten optischen Gründen, wonach alle ausgedehnte Ebenen sich zu erheben scheinen.

3) Die Oberfläche des Meeres mufs nach statischen Gesetzen überall gleich seyn und also im Ganzen ein solches Sphäroid bilden, als der Rotation der Erde zukommt. Diese Gleichheit müfste sich auch auf alle die einzelnen eingeschlossenen Theile erstrecken, die mit dem Ganzen in Verbindung stehn, und wenn es hiervon Ausnahmen giebt, so werden diese durch örtliche Einflüsse bedingt. Im Allgemeinen gehört dahin vorzüglich die allgemeine Bewegung der gesammten Wassermasse der Erde von Ost nach West, wodurch in Folge des Widerstandes ausgedehnter Länder nothwendig das Wasser emporgetrieben werden und diesemnach namentlich an der Ostküste Africa's und noch mehr America's höher stehn mufs, als an den westlichen Küsten dieser Welttheile. Die Frage wird von erhöhter Wichtigkeit, wenn man sie mit einer andern Erscheinung, nämlich der reifsenden Geschwindigkeit mächtiger Meeresströme in Verbindung setzt, die mit einem gleichen Niveau der gesammten Wassermasse der Oceane nicht wohl verträglich scheint. Am meisten ist die Aufgabe erörtert worden in Beziehung auf das Verhältnifs des atlantischen Meeres zur Südsee und des rothen Meeres zum mittelländischen. Franklin und Rennel nahmen an, das Wasser im mexicanischen Meerbusen stehe höher, als das an den Ufern der Landenge von Panama, und v. Humboldt bestimmte den Unterschied durch Barometerbeobachtungen zu Cumana, Carthagena und Vera-Cruz, verglichen mit denen zu Acapulco und Callao, auf etwa 3 Meter. Aus Veranlassung eines projectirten Durchstiches der Landenge von Panama übertrug Bolivar einem englischen Ingenieur Lloyd und einem schwedischen Capitain Falmarc das Geschäft einer Nivellirung, welches diese im Jahre 1828 und 1829 mit einer Wasserwaage von Carey vollendeten. Die gemessene Strecke von Panama bis Bruia am Chagres, fünf Lieues vor dem Einfalle dieses Flusses in das Meer der Antillen, betrug mit den Krümmungen

33 Lieues und enthielt 935 Stationen. Der Unterschied zwischen der höchsten Fluth und tiefsten Ebbe beträgt 21,2 engl. Fufs an der Küste der Südsee, aber nur 1,1 engl. Fufs an der entgegengesetzten Küste. Als Resultat dieser Operation wurde gefunden, dafs der mittlere Spiegel des stillen Oceans 1,1 Meter höher seyn soll, als der des atlantischen bei Chagres, zur Zeit der höchsten Fluth aber 4,13 Meter höher und zur Zeit der tiefsten Ebbe 1,98 Meter niedriger. Obgleich dieses Ergebnifs seitdem als begründet angenommen wird, so steht es doch so sehr im Widerspruche mit der Theorie, dafs ich lieber einen Fehler der Messung annehmen möchte; denn da das Wasser der Meere aus vielen Gründen stets von Ost nach West strömt, so mufs es nothwendig an der östlichen Küste America's höher stehn, als an der westlichen. Hiermit vollkommen übereinstimmend ist auch das Resultat, welches Dr. Meredith Gairdner[1] aus seinen anhaltenden Barometerbeobachtungen gefunden hat. Dieser fand nämlich im stillen Ocean nördlich vom Aequator aus vielen Beobachtungen 30,093 und südlich 29,965 engl. Zoll, also im Mittel 30,029 engl. Zoll, im atlantischen Meere dagegen nördlich 30,003 und südlich 29,895, im Mittel also 29,949 engl. Zoll. Zwar sind diese Gröfsen nicht wegen der Temperatur corrigirt, allein die von ihm selbst zugleich mit angegebenen Temperaturen sind im atlantischen Meere um eine geringe Kleinigkeit höher, als die in der Südsee, so dafs hiernach ein unmerklicher Unterschied im entgegengesetzten Sinne statt finden müfste. Gairdner selbst berechnet hieraus nach d'Aubuisson's Tafeln einen höhern Stand des atlantischen Oceans über die Südsee von 21 Metern ohne Rücksicht auf den Coefficienten der Wärme. Auch Quevedo's durch v. Humboldt[2] bekannt gemachte Barometerbeobachtungen geben die Meereshöhe an der Westküste America's tiefer an, als an der Ostküste. V. Humboldt ist zwar geneigt, dieses aus meteorologischen Gründen abzuleiten, allein die eben angegebene Hypothese läfst sich mindestens mit sehr triftigen Gründen unterstützen, worunter auch gehört, dafs nach den Messungen französischer Ingenieurs der Wasserspiegel im mexicanischen Meerbusen höher ist als

1 Edinburgh New Phil. Journ. N. XXXII. p. 292.
2 Poggend. Ann. T. XXXVI. p. 254.

des atlantischen Oceans an der Ostküste Florida's[1]. Der Spiegel des arabischen Meerbusens bei Suez liegt nach den neuesten Messungen französischer Ingenieurs, welche bei Gelegenheit der ägyptischen Expedition namentlich durch LEPÈRE ausgeführt wurden, höher als der des mittelländischen Meeres bei Alexandrien, und zwar 8,1 Meter bei niedrigstem und 9,9 Meter bei höchstem Wasserstande an beiden Orten[2]. Dieses auffallende Resultat läfst sich inzwischen aus dem eben angegebenen Grunde leicht erklären, insofern das nach Westen gegen Africa's Küsten strömende Wasser durch die Strafse Bab el Mandeb in das rothe Meer getrieben wird. Man hat hiervon einen nachtheiligen Einflufs gefürchtet, auf den Fall, dafs die Landenge bei Suez durchgraben werden sollte; allein es würde in dem hierdurch gebildeten Canale nur eine Strömung entstehn, deren Geschwindigkeit kaum die der langsamsten Flüsse erreichen könnte. Der Unterschied des Wasserspiegels beider Meere beruht übrigens zugleich auch auf der angenommenen Vertiefung des mittelländischen Meeres, wovon unten (§. 87.) weiter die Rede seyn wird. Auch der Spiegel des schwarzen Meeres ist beträchtlich höher, als der des mittelländischen, was dann die starke Strömung im Mare di Marmora und bei den Dardanellen verursacht, und ebenso fand man bei den Messungen im Jahre 1782 den Spiegel der Ostsee um 8 F. höher, als den der Nordsee[3]. Zur Erklärung der beiden letzten Ausnahmen dient der starke Wasserzuflufs

---

1 ARAGO in Edinburgh New Phil. Journ. N. XLI. p. 50.

3 Ann. Chim. et Phys. T. I. p. 55. T. XV. p. 399. T. XVI. p. 310. ARAGO in Edinb. New Phil. Journ. N. XLI. p. 47.

3 NORDENANKER von den Strömen der Ostsee. Uebers. von GRÖNING. Leipz. 1795. Man betrachtet dieses als den Grund der starken Strömung im Sunde. V. HOFF a. a. O. bestreitet jedoch diesen höhern Stand der Ostsee, weil sie durch zu viele Oeffnungen mit der Nordsee in Verbindung steht und nach NIEMANN Handbuch des schleswig-holsteinschen Landeskunde. Th. I. S. 56. der Wasserspiegel bei Kiel 5,5 Fufs niedriger gefunden worden ist, als am Ausflufs der Eyder. Genauere Messungen ergeben indefs mit Rücksicht auf die Reduction aus Ebbe und Fluth einen um 1 Fufs 2 Zoll höhern Stand des baltischen Meeres bei Kiel, als des deutschen Meeres nach WOLTMANN in Poggendorff's Ann. II. 444, nach RIESE ebend. XVIII. 131 beträgt aber der Unterschied 8 par. F. im Mittel. Vergl. v. HOFF a. a. O. Th. III. p. 328.

aus den weiten umgebenden Länderstrecken und die geringere Verdunstung bei der nördlichern Lage dieser eingeschlossenen Meere, hauptsächlich aber die geringere Salzigkeit der Ostsee und die gröſsere des mittelländischen Meeres, wovon später die Rede seyn wird.

4) Bei weitem die wichtigste und am meisten ventilirte Frage betrifft die unveränderliche Höhe des Meeres im Allgemeinen[1], die jedoch bei weitem nicht so sehr Gegenstand der lebhaftesten Discussionen geworden wäre, als wirklich geschehn ist, wenn nicht an verschiedenen Orten Erscheinungen aufgefallen wären, deren einige ebenso deutlich auf ein allmäliges Sinken des Meeresspiegels führen, als andere ein Steigen desselben andeuten. Zuvörderst kann sich diese Untersuchung nicht bis auf diejenigen Zeiten erstrecken, in denen mindestens unsere Erdrinde bedeutende Veränderungen erlitten hat; denn die Beobachtungen zeigen namentlich durch die Lagerungen urweltlicher Thierreste, daſs das Wasser früher selbst die Berge bis nahe an ihre Spitze bedeckte, was jedoch nach den neuesten Ansichten als eine Folge von Auftreibungen oder Hebungen betrachtet wird[2]. Beschränken wir uns demnach bloſs auf dasjenige, was innerhalb der geschichtlichen Zeit liegt, und betrachten wir die Sache zuerst im Allgemeinen, so kann weder die Unmöglichkeit eines allmäligen Sinkens noch eines allmäligen Steigens des Meeresspiegels, selbst während eines im Wesentlichen sich stets gleichbleibenden Zustandes unsers Erdballs und seiner Kruste, dargethan werden. Schlieſsen wir zuerst die Hypothese als ganz unzulässig aus, daſs ein Theil des Wassers in Dampf verwandelt und durch stets zunehmende Verdünnung an die äuſserste Grenze der Atmosphäre geführt sich im Weltraume zerstreuen könnte, die auf jeden Fall höchst unwahrscheinlich genannt werden muſs, so ist es dagegen keineswegs undenkbar, daſs das Wasser, insbesondere durch den enormen Druck der hoch über einander

---

1 K. E. A. v. Hoff in: Geschichte der durch Ueberlieferung nachgewiesenen natürlichen Veränderungen der Erdoberfläche. Gotha 1822. 3. Th. 8 Th. I. S. 401 ff. hat diesen Gegenstand ausführlich untersucht, woraus ich hier das Wichtigste mit wenigen Ergänzungen mittheile.

2 Vergl. *Geologie*. Bd. IV. S. 1284.

liegenden Schichten des Meeres getrieben, fortwährend tiefer in die Erdkruste eindringe. Eine völlig genügende Widerlegung dieser Hypothese könnte nur auf eine genaue Kenntnifs der tiefer liegenden Erdschichten und Felslagerungen, kurz auf eine genaue Kenntnifs der Beschaffenheit unserer Erde bis zu unerreichten und wahrscheinlich unerreichbaren Tiefen gegründet werden, die jedoch namentlich in Beziehung auf die ausgedehnten Strecken unter dem Meeresboden gänzlich aufser dem Bereiche der Möglichkeit liegt. Minder gewichtig würde das Argument seyn, wenn man annehmen wollte, dafs ein Theil des Wassers zur Bildung fester Körper auf den trocknen Theilen des Erdballs verwandt werde; denn gesetzt auch, die Eisberge und Gletscher erhielten eine allmälige gröfsere Zunahme, als aus den Beobachtungen hervorgeht (da eine Vermehrung des Polar-Eises gar nicht in Betracht kommen kann, weil ein dieser proportionaler Theil in das Wasser herabgedrückt werden und dieses daher wieder zum Steigen bringen müfste), so wäre dieses eine durchaus unbedeutende, keine wahrnehmbare Folgen äufsernde Sache. Sonstige, aus den Bestandtheilen des Wassers gebildete Körper sind kaum aufzufinden, da eine Vermehrung der organischen Stoffe während der historischen Zeit durch nichts begründet wird und aufserdem die ganze Masse derselben, wenn sie aus dem vorhandenen Wasser ihre Bestandtheile genommen hätten, keine merkbare Verminderung der Meere verursacht haben könnte[1]. Das Eindringen des Wassers in die tiefern Lagen der Erdkruste, auch ohne das oft angegebene Hülfsmittel grofser vorhandener Höhlen, ist demnach als die einzige nicht allzu unwahrscheinliche Ursache eines allmäligen Sinkens des Meeresspiegels zu betrachten. Obgleich jedoch diese Hypothese, falls sie jemand aufstellen wollte, nicht absolut widerlegt werden kann, so wird sie doch in einem hohen Grade unwahrscheinlich, wenn man berücksichtigt, dafs man bei tiefern Grabungen stets auf festes Gestein kommt, welches kein Wasser mehr durchläfst, und dafs die vorhandenen lockern Massen und

1 Beide Mittel als Ursachen der steten Verminderung des Meeres vertheidigt Lor. Luigi Linussio in G. XXXI. 323. Vergl. Conjectures sur la diminution apparente des eaux sur notre globe. Par le Citoy. Salverte. Par. 1799.

Höhlungen zwischen den Felsenklüften in den vielen Jahrhunderten von der letzten Umbildung unsers Erdballs bis auf die historische Zeit schon längst ausgefüllt seyn mufsten.

5) Ungleich wahrscheinlicher ist die Hypothese von einem zunehmenden Steigen des Meeresspiegels, welches hauptsächlich durch zwei unverkennbar wirksame Ursachen herbeigeführt werden könnte. Zuerst stürzen nicht blofs bedeutende Massen von den Ufern ins Meer, sondern die Flüsse führen eine wahrhaft erstaunliche Menge Schlamm und Sand unablässig dem Oceane zu, und wenn auch zur Bildung von Dünen und Neuland ein grofser Theil hiervon wieder verwandt wird, so bleibt doch immer noch ein bedeutender Ueberschufs, um so mehr, als das Material zur Erzeugung der bekannten Delta's und sonstiger aus dem Meere hervorwachsender Erhebungen in der Regel durch die Flüsse aus dem Festlande zugeführt wird. Obgleich es daher schwer zu ermitteln ist, ob bei den Eroberungen, welche an den verschiedenen Orten bald das Meer, bald die Erde macht, ein Uebergewicht auf die eine oder die andere Seite falle, oder ob beide einander ausgleichen[1], so ist doch die Verminderung der Berghöhen so unverkennbar, dafs ein wahrnehmbares Wachsen des Meeresspiegels hiernach mindestens sehr wahrscheinlich wird. Die Data für eine Schätzung der Gröfse dieser Vermehrung in einer bestimmten Zeit sind höchst unsicher, und es ist daher eine sehr gewagte Bestimmung, wenn Manfredi[2] aus denen, die er hierbei zum Grunde legt, folgert, der Meeresboden werde durch die zugeführten Erdtheile in 348 Jahren eine Erhöhung von 5 Zoll erhalten; ungleich richtiger dagegen schliefst v. Hoff[3] aus seinen Untersuchungen dieses Gegenstandes, dafs leicht mehr als ein Jahrtausend erforderlich seyn dürfte, um ein Steigen des Meeresspiegels im Betrage von etwa einem Fufs sichtbar zu machen. Wie dem aber auch sey, so führen diese Betrachtungen im Ganzen doch zu dem Resultate einer allmäligen Erhöhung des Meeres.

Weniger wirksam und minder allgemein ist eine zweite Ursache, aus welcher ein scheinbares Steigen des Meeres ab-

1 Vergl. *Geologie.* Bd. IV. S. 1314.
2 Comm. Bonon. T. II. P. 1. p. 237. P. 2. p. 1.
3 Geschichte der Veränderungen u. s. w. Th. I. S. 404.

geleitet werden könnte, nämlich ein allmäliges Sinken des Festlandes, namentlich an den Küsten. Dafs die Felsen, woraus die Berge gebildet sind, durch ihre eigene Last während der histor. Zeit noch mehr zusammengedrückt worden seyn sollten, als sie schon während der früher verflossenen vielen Jahrhunderte waren, ist zwar nicht wohl vorstellbar, die ungleich lockerern Küstenländer aber konnten allerdings durch ihren eigenen Druck compacter werden und können dieses noch fortwährend, ohne auf das Wegspülen des Erdreichs durch Wasser Rücksicht zu nehmen, insbesondere bewaldete Strecken, wenn sie nach der Abholzung mehr austrocknen. Ihr hierdurch bewirktes Sinken würde dann ein scheinbares Steigen des Meeresspiegels zur Folge haben, obgleich die Täuschung durch das Messen der Höhen an Ufern mit anstehenden Felsen wieder verschwinden müfste.

6) Aus diesen Betrachtungen folgt mit überwiegender Wahrscheinlichkeit, dafs die Höhe des Meeresspiegels während der historischen Zeit unverändert bleiben mufste, und wenn irgend eine Veränderung erfolgte, so konnte diese nicht wohl eine andere, als ein geringes Steigen seyn, welches aber wegen seiner Unbedeutsamkeit schwerlich beachtet worden seyn würde, und die aufgeworfene Frage wäre daher ohne Zweifel gar kein Gegenstand ausführlicher Untersuchungen geworden, wenn nicht einige auffallende Resultate der Beobachtungen die Aufmerksamkeit der Physiker rege gemacht hätten. Die alten Sagen von einem höhern Stande verschiedener Meere, namentlich was bereits an einem andern Orte[1] über das schwarze Meer gesagt worden ist, obwohl dessen nicht zu bezweifelnder höherer Stand, nach den noch vorhandenen Spuren, in die Zeit nach der letzten Umbildung unserer Erde fällt, werden hier billig mit Stillschweigen übergangen. Berzelius[2] suchte und fand bei Uddevalla, 200 F. über dem jetzigen Meeresspiegel, solche Muscheln, welche noch jetzt an jenen Küsten leben und sich stets im Spiegel des Meeres aufzuhalten pflegen; allein diese Thatsache ist zur Beantwortung der vorliegenden Frage nicht geeignet, weil sich die Zeit nicht bestimmen läfst,

---

1 S. *Geologie*. Bd. IV. S. 1316.

2 Jahresbericht über die Fortschritte d. phys. Wissensch., übers. von Wöhler. Berlin 1826. 5ter Jahrg. S. 292.

wenn das Meer bis an diese Höhe gereicht haben mag. Auch Tromsöe in Norwegen ist nach L. v. Buch[1] über einer Schicht zerbrochener Muscheln von etwa 20 F. Höhe erbaut, welche früher unter Wasser waren, woraus dieser Gelehrte kein Sinken des Meeres, sondern umgekehrt ein Steigen des Landes folgert; allein auch hierbei, so wie rücksichtlich der vielen ähnlichen Beweise, welche Keilhau[2] neuerdings für eine Erhebung der norwegischen Küsten beigebracht hat, gilt das so eben angegebene Argument der Unbestimmtheit der Zeit, in welche diese Veränderung gehören mag.

7) Keine Gegend der Erde ist in Beziehung auf Spuren eines allmäligen Sinkens des Meeres so berühmt geworden, als Scandinavien. Was man aus den alten Schriftstellern hierüber zu folgern suchte, ist nach der durch v. Hoff angestellten kritischen Prüfung ohne alle Beweiskraft. Dennoch aber versichern alle diejenigen, welche die Ost- und Südostküste Schwedens genau kennen, dafs sie noch während der geschichtlichen Zeit über den frühern Meeresspiegel gehoben worden sind. Es finden sich an verschiedenen Orten nicht blofs eiserne, zum Anbinden der Kähne früher dienende Ringe, die gegenwärtig für diesen Zweck zu hoch sind, sondern man sieht auch noch die schrägen Felsen, auf denen früher die sich sonnenden Seekälber erschlagen wurden, die aber gegenwärtig von diesen Seethieren nicht mehr erreicht werden können. Die hiernach bei den Bewohnern jener Küsten allgemein herrschende Annahme von einem in frühern Zeiten höhern Stande des Meeres bewog daher Dalin[3] den Satz auszusprechen, das Land sey ein neu entstandenes und viele jetzt trockne Gegenden seyen nach bestimmt eingehauenen Merkmalen früher unter dem Wasser oder dem Meeresspiegel näher gewesen. Behauptungen dieser Art mufsten die Aufmerksamkeit der Naturforscher rege machen, und namentlich Celsius[4] fand sich daher bewogen, diese

1 Reisen Th. I. S. 442. Vergl. Th. II. S. 278.

2 Magazin for Naturvidenskaberne. T. I. In Edinb. New Philos. Journ. N. XL. p. 425.

3 Geschichte des Reichs Schweden. 1747. Th. I. S. 12.

4 Schwedische Abhandl., üb. v. Kästner. Th. V. Vergl. Catteau-Calleville Gemälde der Ostsee in physischer, geographischer, historischer und merkantilischer Rücksicht. Uebers. von Weyland. Weim. 1815. S. 141.

Sache zum Gegenstande einer genauern Untersuchung zu machen, aus welcher dann eine Bestätigung derselben hervorging. Als Hauptargumente führte er an, daſs das Meer bei vielen Häfen und Seestädten zurückgewichen sey, was jedoch meistens eine Folge von Versandungen seyn kann. Einige Küsten, wo früher nur einzelne Steine hervorragten, erhoben sich später in gröſserer Ausdehnung über das Meer und verschiedene Districte, die nach der Erinnerung bejahrter Personen unter Wasser waren, konnten später mit Kähnen nicht mehr befahren werden oder dienten statt zum Fischen vielmehr zum Ackerbau. Namentlich werden in alten Urkunden gewisse Felsen bei Gefle, Hudikswall, Wasa und Åbo als solche aufgeführt, wo sich Seekälber sonnten, die also zum Fangen derselben dienten, aber in spätern Documenten als unbrauchbar hierzu bezeichnet sind. Dieses Argument ist wohl ohne Zweifel das gewichtigste, statt daſs die Beispiele von Kähnen und Ankern, die im Lande gefunden worden seyn sollen, wie Celsius und nach ihm Dalin anführen, nur geringe oder gar kein Beweiskraft haben. Die Sache schien wichtig genug, durch genauere Untersuchungen geprüft zu werden, und es wurden daher 1731 und später 1752 und 1755 an verschiedenen kenntlichen Klippen Zeichen eingehauen, woraus man beim Nachsehen 1785 folgerte, daſs das Meer binnen 36 Jahren 17 Zoll gesunken sey[1].

Die Hypothese vom Sinken des Meeresspiegels fand bei Vielen Eingang, so schwierig es auch ist, sie an sich möglich und mit anderweitigen Thatsachen vereinbar zu finden, namentlich bei Car. Linné[2], Wallerius[3], Sam. Chydenius[4] und Bengt Ferner[5]. Andere erklärten sich indeſs entschieden dagegen, als namentlich Suen Hof[6], Jac. Estlan-

---

1 Celsius in Schwed. Abh. Th. V. S. 25. Gissler ebend. Th. IX. S. 159. Pontoppidan Naturhistorie von Dänemark. S. 86. Nordenanker von den Strömen d. Ostsee. Ueb. von Gröning. Leipz. 1795. S. 9.

2 Diss. de Telluris habit. incremento. 1743. Westgothische Reise 1746. Schonische Reise 1749.

3 Hydrologie. 1748.

4 Disput. de decrementis aquarum in Sinu Bothnico. 1749.

5 Tristen om Vattu-minskningen. Stockh. 1765. Uebers. in Journ. de Phys. 1777.

6 Diss. de metamorphosi Telluris. Stockh. 1737.

der[1], Eric Jul. Biörner[2], K. Fr. Melander[3], Jac. Gadolin[4], G. J. Browallius[5], Eph. Otto Runeberg[6], Sueno Bring[7] und Pontoppidan[8]. Browallius erklärt die wirklich beobachteten Veränderungen für blofs local und relativ, sein Sohn, G. Joh. Browallius[9], führt an, dafs einige Felsen allerdings gehoben, andere dagegen gesunken zu seyn scheinen, welche Erscheinung Runeberg als eine Folge der Auswaschung des Bodens unter manchen solchen Geschieben erklärt. Den aus der Erhöhung der absichtlich eingegrabenen Zeichen hergenommenen Beweis suchen die Gegner, unter welche vorzüglich v. Hoff zu zählen ist, dadurch zu entkräften, dafs sie annehmen, die hierzu dienenden Felsen seyen blofs Geschiebe, und da die See erweislich solche Felsblöcke, wenn sie auch mehrere Tonnen Gewicht haben, nicht blofs bewegt, sondern sogar bei heftigen Stürmen weit auf das Ufer wirft, wie namentlich bei Bell-Rock Lighthouse in Schottland[10] und bei Castle Stuart in Inverness-Shire[11] geschehn ist, so läfst sich sehr wohl denken, dafs auch die im Meere festliegenden Felsen durch das Eis gehoben oder durch den Stofs der Wellen gelüftet werden, worauf sie dann in beiden Fällen durch den unter sie getriebenen Sand am Herabsinken zu ihrer vorigen Tiefe gehindert wurden. Allerdings wäre hierbei die Hauptfrage, ob keiner jener Felsen anstehendes Gestein gewesen sey, inzwischen ist Vargas Bedemar[12] geneigt, selbst den gröfsten Theil der Scheeren für solche her-

1 Disput. de numero regnorum naturae cet. 1744.

2 Das uralte Alter des schwedischen Reichs.

3 Diss. de superficie telluris. 1749.

4 Schwed. Abhandl. 1751. Th. XIII.

5 Betänkande om Vattaminskingen. Stockh. 1755. Histor. und physik. Unters. von der vorgegebenen Verminderung des Wassers u. s. w. Stockh. 1756. 8.

6 Schwed. Abhandl. Th. XXVII. S. 78.

7 Sammlungen und Erinnerungen zur Erläuterung der schwedischen Historie. 1749.

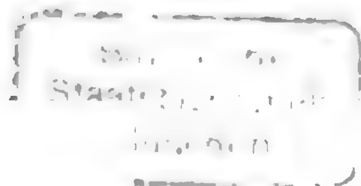
8 Von der Neuigkeit der Welt. Th. I.

9 Diss. examen animadversionum pseudonymi cuiusdam de hypothesi diminutionis aquarum sistens. Aboae 1757.

10 Edinb. Phil. Journ. No. V. p. 42.

11 G. LXIX. 105.

12 Reise nach d. hohen Norden. Th. II. S. 30. u. a. a. O.



abgestürzte Geschiebe zu halten. Aufserdem werden eben von den schwedischen Küsten viele anderweitige Thatsachen angeführt, die vielmehr ein Steigen des Meeres oder mindestens ein Gleichbleiben seiner Höhe beweisen sollen. Die nach ihren Jahrringen über dreihundert Jahre alten Fichten dicht über dem Spiegel des finnischen Meerbusens müfsten ursprünglich unter dem Wasser gewachsen seyn, was unmöglich ist, das Fundament der Schlösser von Sonderburg und Abo wäre nach der Annahme von Celsius im Wasser erbaut, und Browallius führt sogar an, dafs an der schwedischen Küste zwei bis drei Ellen unter dem Wasserspiegel eingewurzelte Baumstämme gefunden worden sind, in deren einem ein verrostetes Messer steckte. Ferner steht eine im Anfange des 11. Jahrhunderts erbaute Kirche zu Naglum nur zwei Ellen über der Meeresfläche, die Trümmer von Alt-Lödese anderthalb Ellen, und der Hylöseholm, auf welchem 1473 die Stadt Göthaham angelegt wurde, liegt fast im Spiegel des Meeres. Auch von sonstigen Puncten entnommene Zeichen streiten gegen ein Sinken des baltischen Meeres. Die schon in Urkunden von 1280 erwähnte kleine Insel Saltholm unweit Kopenhagen wird im Winter überschwemmt und dient blofs im Sommer zu Viehweiden, müfste also früher ganz unter Wasser gewesen seyn. Aus den genauen, durch Rawert und Gaarlieb[1] auf Bornholm in dieser Beziehung angestellten Untersuchungen geht zwar hervor, dafs der Wasserstand um dieselbe in frühern Zeiten höher war, allein dieses reicht über die Zeit der Geschichte des Nordens hinaus und in der spätern Periode hat sich der Stand des Wassers nicht geändert. Namentlich geht auch aus den neuesten, zu Pillau mit gröfster Sorgfalt angestellten Messungen sicher hervor, dafs dort der Spiegel der Ostsee in 19 Jahren von 1815 bis 1833 sich durchaus nicht geändert hat[2].

Wie treffend aber auch diese Argumente seyn mögen, die sich durch viele andere noch leicht vermehren liefsen, so sind die Beweise für das Gegentheil doch so überzeugend, dafs selbst die besonnensten und gewiegtesten Forscher die Ueber-

1 Bornholm beskreven paa en Reise in Aaret 1815. Kiövenhafn 1819.

2 S. Bannasch in Poggendorff's Ann. XXXVI. 209.

zeugung von einer Veränderung der Höhe des bothnischen Meerbusens nicht aufgeben, und da ein Sinken der Ostsee ohne ein gleiches Verhalten des ganzen Oceans unstatthaft seyn würde, wogegen jedoch eine Menge Thatsachen streiten, so nimmt man nach dem Vorgange von L. v. Buch[1] vielmehr eine partielle Hebung der schwedischen Küsten an. Aus diesem Grunde hat die Aufgabe in der neuesten Zeit wieder zwei Bearbeiter gefunden, Bruncrona und Hällström, welche ohne Entscheidung für die eine oder die andere der beiden Hypothesen nur erst die Thatsache mit parteiloser, tiefer Gründlichkeit festzustellen sich bestrebt haben[2]. Viele der früher für ein Sinken des Meeres angeführten Thatsachen beziehn sich zwar auf nichts anderes, als auf ein Versanden und ein Ansetzen von neuem Lande, wodurch die Tiefe des Meeres verringert oder die Küsten erhöht zu werden schienen, allein es sind zugleich die ältern und neuern Zeichen nachgesehn worden, auch haben sich Merkmale und Felsenspitzen über der Meeresfläche gezeigt, die früher nicht vorhanden waren. Hierdurch ist vorläufig das Sinken des bothnischen Meerbusens dargethan, dabei aber noch keineswegs weder dessen Allgemeinheit noch Gröfse, und ob dasselbe ununterbrochen oder in gewissen Perioden, gleichmäfsig oder veränderlich erfolgt, bewiesen. Vor allen Dingen war es schwer, den mittlern Wasserstand auszumitteln, den man nur nach ungefähren Angaben annehmen mufste, weil der Spiegel der Ostsee aufser den häufigen Schwankungen zuweilen in Folge der herrschenden Winde anhaltend einen höhern oder niedrigern Stand hat, so dafs eine scharfe Bestimmung des eigentlichen Mittels grofsen Schwierigkeiten unterliegt. Aufser diesen Schwankungen, die von geringer Höhe durch den Einflufs der Winde wohl in allen Buchten und eingeschlossenen Meeren erzeugt werden, hat man nämlich bei der Ostsee auch solche wahrgenommen, die mit den *Seiches*[3] im Genfer-See Aehnlichkeit zu haben scheinen. Die Ostsee steigt, namentlich im Herbste, an einigen Orten bis 3,5 Fufs über den mittlern Spiegel. Man

1 Reisen. Th. I. S. 442. Vergl. Th. II. S. 278.

2 Aus den schwedischen Denkschriften für 1823 zusammengestellt durch Poggendorff. S. dessen Ann. II. 309.

3 Vergl. *See*.

hat dieses von den Winden abgeleitet, allein zwischen beiden Phänomenen zeigt sich durchaus kein Zusammenhang, auch die Hypothese, dafs mehr Wasser durch Westwinde herbeigeführt werde, ist unzulässig, weil fast 5 Tage erfordert würden, wenn die hierzu hinreichende Wassermasse durch den Sund und die Belte einströmen sollte, und doch geschieht das Steigen bis 2 Fufs in 24 Stunden und dann wächst die Höhe schnell bis 3,5 Fufs. Schulten leitet das Phänomen vom veränderten Luftdrucke ab, da es in der Regel den Barometerveränderungen vorausgeht[1]. Inzwischen erzeugt der im Sommer oft lange anhaltende mittlere Stand an Klippen und Küsten den sogenannten Wasserrand, den man ziemlich sicher als richtiges Zeichen annehmen kann und welcher aufserdem durch die bis dahin reichenden Moose scharf bezeichnet wird. Die Resultate der Messungen, wie viel das allmälige Sinken des Meeresspiegels beträgt, stimmen zwar nur wenig mit einander überein, allein die Mittel aus ihnen geben für die einzelnen Orte nur unbedeutend abweichende Gröfsen. Für einen Zeitraum von 100 Jahren wurde nämlich gefunden: bei Baholmen 3,71 Fufs, bei Stor-Rebben 4,61 F., bei Ratan 4,34 F., bei Rönskär 4,20 F., bei Vargön 4,40 F. und bei Löfgrundet 4,35 Fufs, also im bothnischen Meerbusen im Mittel 4,26 Fufs. Einen Mangel an Uebereinstimmung der gefundenen Gröfsen hat man schon früher als ein Argument gegen die Hypothese des Celsius vorgebracht[2], indem die verschiedenen eingegrabenen Zeichen 25, 48, 33 und 57 Zoll Senkung für 100 Jahr gegeben haben sollten; man sieht aber, dafs auch dieser Einwurf bei genauerer Beleuchtung vieles von seiner Wichtigkeit verliert. Das Sinken des Meeres findet nämlich nicht überall und allgemein gleichmäfsig an den sämmtlichen Küsten der ganzen scandinavischen Halbinsel statt, vielmehr gilt die oben mitgetheilte mittlere Gröfse nur für die Ostküste des bothnischen Meerbusens. Sehr genaue Messungen sind zu Calmar durch Wikström schon 1754 angefangen und von Fridelius seit 1797 bis 1802 fortgesetzt worden, indem eine an einem festen Gegenstande befindliche Scale in das

1 Catteau de Calleville Gemälde der Ostsee. D. Ueb. Weimar 1815. S. 113.

2 S. Hermes oder encyklop. Zeitung 1823. N. XVIII. S. 115.

Meer herabhing, an welcher täglich der Stand des Wassers abgelesen und hierdurch ein jährliches Mittel erhalten wurde. Hieraus ergiebt sich ein Sinken von 2 Fufs in 100 Jahren, jedoch ist es nach andern Anzeigen nicht wahrscheinlich, dafs diese regelmäfsige Senkung ein ganzes Jahrhundert gedauert habe, weil sonst die Wirkungen gröfser seyn müfsten, und eben dieses läfst sich auch von vielen der übrigen Resultate sagen. Die Erscheinung des Sinkens zeigt sich nicht weiter südlich an den Küsten Hallands oder Schonens, noch auch an den westlichen dänischen Küsten des Kattegats und der ganzen südlichen Küste der Ostsee, so dafs also ein ohnehin unwahrscheinliches Sinken des Meeresspiegels wegfällt und man gezwungen ist, wie oben bereits gesagt wurde, mit L. v. Buch eine periodische, ungleiche und unmerklich erfolgende Hebung der schwedischen Küsten anzunehmen. Berzelius[1] erklärt diese Thatsache für völlig ausgemacht, führt als weitere Beweise die Resultate an, welche aus den durch Baron Ridderstolpe am Mälarsee von 1825 bis 1833 angestellten Messungen des Wasserstandes, verglichen mit älteren, hervorgehn, und findet die Ursache dieses Phänomens in einer allmäligen Abkühlung des Erdballs, wodurch sein Volumen verringert wird, einige Theile einsinken, andere aber in Folge entstehender Falten und Biegungen erhöht werden[2].

8) Durch die hier erörterten überwiegenden Gründe bewogen hat denn auch v. Hoff später[3] seinen Widerspruch gegen die Thatsache insoweit zurückgenommen, dafs zwar ein allgemeines Sinken des Meeresspiegels für unbegründet gehalten, die angegebene Hebung gewisser Strecken aber allerdings zugestanden werden mufs. Zugleich zeigt derselbe, dafs die neuerdings durch L. v. Buch und Al. v. Humboldt mit gebührender Behutsamkeit geäufserte, von den neuesten Geologen so beifällig aufgenommene, mit den überzeugendsten Thatsachen so genau zusammentreffende Hypothese von einem allmäligen theilweisen Emporkommen des Festlandes aus dem

1 Jahresbericht XIV. Jahrgang 1835. S. 386.

2 Diese Hypothese steht mit den Resultaten im Widerspruche, welche La Place aus seinen Untersuchungen über die Temperatur der Erde gefunden hat. Vergl. *Erde.* Bd. IV. S. 985.

3 Geschichte der Veränderungen u. s. w. Th. III. S. 316.

Meere ursprünglich durch Moro[1] aufgestellt und durch Blumenbach[2] beiläufig angedeutet worden ist. Hiernach haben die sonstigen Angaben über Hebungen von Küsten nicht mehr eine so große Unwahrscheinlichkeit, jedoch muſs man noch immer vorsichtig seyn und die Zeugnisse behutsam prüfen, ehe man ihnen volle Gültigkeit beilegt, insbesondere da die so häufigen Versandungen der Busen und Buchten oder auch das Entstehn von neugebildetem Lande so häufig als Zeichen des sinkenden Meeres gelten. Vorzüglich hat Maillet[3] die Hypothese von einem allmäligen Sinken des Meeresspiegels vertheidigt und zum Beweise einige Oeffnungen in alten, zu den ehemaligen Befestigungen Carthago's gehörigen Mauern angeführt, die früher auf den Wasserspiegel herabreichend jetzt 4 Fuſs darüber hervorragen. Auch eine Klippe, Grimaldi genannt, zwischen Genua und Spezzia, die früher unter Wasser den Schiffen gefährlich war, ragte später zwei Fuſs über die Oberfläche hervor. Auf ungleich genauern Beobachtungen beruht die Behauptung von Playfair[4], daſs die schottische Küste unverkennbar höher über die Meeresfläche gehoben worden seyn soll, und von Reinwardt[5], welcher bei seinem Aufenthalte auf den sundischen und moluckischen Inseln zu der Ueberzeugung gelangte, daſs die letzteren stets mehr aus dem Wasser hervortreten. Kühner ist die Behauptung von Latrobe[6], jedoch durch eine Menge aus genauer Localkenntniſs entnommener Thatsachen unterstützt, wonach der ganze Küstendistrict südwestlich von New-York früher einen 120 Fuſs betragenden höhern Wasserstand gehabt haben soll, und auch Boblaye[7] schlieſst aus seinen geologischen Beobachtungen, daſs der Boden von Aegina und Morea sich in successiven Stöſsen aus

1 De' crostacei e degli altri marini corpi che si trovano su' monti libri due di Ant. Lazzaro Moro. Venez. 1740. Neue Untersuchungen der Veränderung d. Erdbodens u. s. w. Leipz. 1751.

2 Handbuch d. Naturgeschichte 1779. §. 222.

3 Telliamed ou Entretiens d'un Philosophe indien cet. Basle 1749. T. I. p. 198.

4 Explication sur la Théorie de la Terre de Hutton. p. 355.

5 Poggend. Ann. II. 444.

6 Transact. of the Amer. Philos. Soc. T. VI. Philad. 1809. Daraus in Monatl. Corr. Th. XXVI. S. 241.

7 Journ. of the Roy. Inst. Mai 1831. No. 3.

dem Meere erhoben habe, deren Spuren er in den bestimmt abgeschnittenen Stufen und Lagern des Ufers zu erkennen glaubt. Inzwischen sind solche Kennzeichen ausnehmend trügerisch. Neuerdings bezieht man sich zur Unterstützung der erwähnten Hebungstheorie vorzüglich auf die Erhebung der Küsten von Otaheiti, wo namentlich in der Gegend von Venuspoint jetzt ein Fufssteig gangbar ist, der bei der Entdeckung der Insel durch WALLIS im Jahre 1767 auch beim niedrigsten Stande des Meeres unter Wasser war[1]. Auch v. HUMBOLDT[2] folgerte aus sichern Kennzeichen, dafs das Meer bei den Inseln St. Barthelemy, St. Thomas, St. Martin u. a. früher einen 360 F. höhern Stand gehabt habe, wobei jedoch unbestimmt ist, von welcher Zeit an dieses Sinken zu datiren sey[3], indem es wohl ohne Zweifel zu den vorgeschichtlichen Veränderungen der Erdkruste gehört. Ein Ereignifs, welches die Thatsache solcher Hebungen nicht blofs zu bestätigen dient, sondern auch die wirkende Ursache näher bezeichnet, ist die durch MARIA GRAHAM[4] zuerst bekannt gemachte Hebung der Ostküste von Chili. Als diese zu Quintero, eine engl. Meile von der Küste, das heftige Erdbeben erlebte, welches 1822 am 19. Nov. anfing und seine wiederholten Stöfse erst im September des folgenden Jahres gänzlich endigte, schien gleich am Morgen des 20. Nov. die ganze Küste auf einer Strecke von etwa 100 engl. Meilen gehoben zu seyn, wie die unverkennbarsten Spuren darthaten. Die Hebung betrug zu Valparaiso ungefähr 3 Fufs, zu Quintero dagegen 4 Fufs. Aehnliche Hebungen an der Küste von Chili sind auch durch das jüngste Erdbeben am 20. Febr. 1835

---

1 De Zach Corresp. astronom. T. X. p. 266.

2 Journ. de Phys. T. LXX. p. 129.

3 Die Verminderung des Wassers auf unserer Erde, die von vielen Gelehrten aus den hohen Fundorten der Petrefacten gefolgert wird, z. B. von BÜFFON allgem. Naturgeschichte Bd. II. S. 182, PATRIN in Journ. de Phys. T. LXX. p. 306, LACEPEDE ebend. LXVI. p. 45. u. vielen andern, gehört zur vorgeschichtlichen Zeit und ist also hier nicht zu berücksichtigen.

4 Transact. of the Geological Soc. Ser. T. I. p. 415. Vergl. Poggendorff's Ann. III. 344. Vertheidigung dieser Angaben gegen GREENOUGH's Einwendungen in Silliman Amer. Journ. T. XXVIII. p. 239.

hervorgebracht, deren Untersuchung auf frühere Ereignisse dieser Art in den Jahren 1730, 1751, 1822 und andere geführt hat[1]. Dagegen führt Pingel[2] eine Menge von Thatsachen an, aus denen hervorgeht, dafs die Westküste von Grönland schon seit mehrern Jahren beträchtlich sinkt, so dafs einzelne kenntliche Stellen jetzt stets unter Wasser sind, die früher über die Oberfläche des Meeres hervorragten.

Beiläufig möge auch erwähnt werden, dafs Hedenström[3] Gründe für eine allmälige Abnahme des Eismeers aufgefunden zu haben glaubt, deren gründliche Prüfung jedoch hier nicht am rechten Orte seyn würde.

9) Man hat den Behauptungen von einem periodischen Sinken des Meeresspiegels verschiedene andere Beobachtungen entgegengesetzt, welche vielmehr ein Steigen desselben andeuten. Beschränken wir uns auf diejenigen Thatsachen, welche wegen besserer Begründung eine etwas gröfsere Beweiskraft haben, so ist kaum zu nennen, dafs in den Niederlanden das Binnenwasser gegenwärtig durch Schleusen gehoben werden mufs, um abzufliefsen, und dafs sich einige Trümmer altrömischer Gebäude unter dem Meeresspiegel befinden; denn es ist eine keineswegs kühne Voraussetzung, dafs der lockere Boden jener Gegend an vielen Stellen gesunken sey, ja de Lüc glaubt an eine Senkung jenes ganzen Küstendistricts in Folge der allmäligen Austrocknung. Auch die ununterbrochenen Vergröfserungen einiger Meeresbuchten an den niederländischen Küsten, namentlich des Harlemer, des Leidener, des Spieringer und des alten Meeres, welche von 1531 bis 1591 jährlich 96,5 Morgen, von 1591 bis 1647 jährlich 30 Morgen, von 1647 bis 1687 jährlich 25,2 Morgen und von 1687 bis 1740 jährlich 26 Morgen betragen haben sollen[4], können nur als eine Eroberung, aber nicht als ein Steigen des Meeres betrachtet werden. Sonstige Spuren dieser Art will man hauptsächlich an den italienischen Küsten wahrgenommen haben,

---

1 Lond. and Edinb. Phil. Mag. N. XLIV. p. 74. Vergl. l'Institut 1835. N. 141. p. 21.

2 London and Edinb. Phil. Mag. N. XLIV. p. 78.

3 Berghaus Ann. d. Erd-, Völker- u. Staatenkunde. 1831. Dec. 1832. Jan. Bibl. univ. 1832. Jul. p. 322.

4 Bennet's Naturgeschichte von Holland. Th. I. S. 130.

wonach SIMONDE[1] ein stetes Steigen des mittelländischen Meeres annimmt, welches die Ebenen zu überschwemmen drohe. ANGELO ZENDRINI erzählt, daſs man bei den Ausgrabungen auf der venetianischen Insel St. George zur Anlegung des Port-Franc einige Fuſs tief unter dem Meere eingerammte Pfähle und Reste einer steinernen Treppe fand, wovon 5 Stufen ausgegraben wurden. Nicht weit davon fand man gebrannte Steine mit dem Namen des Verfertigers, deren Buchstaben über das Alter der Römer hinausgingen, woraus also folgen würde, daſs die Lagunen schon früher bewohnt waren und der Meeresspiegel sich stets gehoben habe. Als er selbst nebst MANFREDI im Jahre 1731 einige Gegenden unweit Ravenna von stehenden Gewässern befreien sollte, entdeckte man bei einer Reparatur an der Cathedrale 4 F. 7 Z. unter dem damaligen Pflaster ein älteres, welches nach der Messung von MANFREDI nur 6 Z. über dem niedrigsten, aber 8 Z. unter dem höchsten Wasserstande lag, und da die Kirche zur Zeit des THEODOSIUS erbauet war, so sollte also der Meeresspiegel während der verflossenen 1330 Jahre um 8 Z. gestiegen seyn[2]. DONATI[3] berichtet von einem im Jahr 1722 auf dem Marcusplatze zu Venedig aufgegrabenen alten Pflaster, welches 3,5 F. unter dem Meeresspiegel lag, und von verschiedenen ähnlichen Beispielen an den Küsten des adriatischen Meeres; jedoch läſst sich dieses alles aus einem Sinken des dortigen lockern Bodens sehr leicht erklären. Aehnliche Erscheinungen beobachtete BREISLAK[4] in Toscana und Ligurien, am mittelländischen Meere, namentlich auch bei Neapel. Unter andern sind einige Fuſsböden des Tempels, welchen TIBERIUS auf Capraea bauen lieſs, jetzt unter Wasser, ohne daſs man Spuren vulcanischer Erschütterungen wahrnimmt, die jedoch mit groſser Wahrscheinlichkeit als Ursache mancher solcher Veränderungen zu betrachten sind.

10) Am meisten Aufsehn hat eine Reihe von Erscheinungen

---

1 Traité de l'Agriculture en Toscane. Nach v. HOFF a. a. O. T. I. p. 465.

2 Commentar. Bonon. T. II. p. 237.

3 Della storia naturale marina dell' Adriatico. Venez. 1750. 4. Vitaliano Donati Auszug d. Naturgeschichte des adriat. Meeres. Halle 1753. gr. 4.

4 Instit. Geolog. T. I. p. 67.

gemacht, die am Tempel des Jupiter-Serapis bei Puzzuoli wahrgenommen worden sind, indem sich ganz unverkennbare Spuren, namentlich die Einbohrungen der Pholaden in die Säulen, finden, die nicht anders als aus der Annahme eines bald höhern, bald niedrigern Wasserstandes erklärt werden können und daher, indem sie beides zugleich beweisen, auch mit beiden zugleich im Widerspruche stehn müssen. Natürlich war man daher zuerst bemüht, den Thatbestand genau auszumitteln, und da die vorhandenen Spuren keine Mifsdeutung und selbst keinen Zweifel zulassen, suchte man den Widerspruch durch eine angemessene Hypothese zu beseitigen[1]. Einige waren der Meinung, die Säulen hätten vor ihrer Anwendung zu diesem Tempel, oder wahrscheinlicher Badehause, schon eine anderweitige Bestimmung gehabt; wo sie oben von den Pholaden im Spiegel des Meeres angebohrt werden konnten, nach ihrer gegenwärtigen Benutzung habe sich aber der Boden wieder gesenkt, und hierdurch seyen also die drei in ungleicher Höhe über einander befindlichen Zeichen der jedesmaligen Wassergrenze entstanden. Gimbernat[2] suchte Auskunft in der Hypothese, eine benachbarte Salzquelle habe für eine gewisse Zwischenzeit einen See gebildet, dessen Wasser bis zu derjenigen Höhe gestiegen sey, wo die dem Meere zugehörigen oder mindestens nur in Salzwasser lebenden Pholaden die Spuren des Zernagens zurückliefsen. Sickler[3] setzt die Thatsache mit einem frühern höhern Stande des mittelländischen Meeres zusammen, wonach dann der Durchbruch bei Gibraltar erst in die Zeit von etwa 550 Jahren vor Christi Geburt gesetzt werden müfste, was v. Hoff mit Recht als ganz unhaltbar verwirft. Nach den Untersuchungen des Letztern machten zuerst Cochin und Bellicard[4] auf die räthselhafte Erscheinung aufmerksam, nachher theilten Antonio Paoli[5] und Pini[6] ihre Beobach-

1 V. Hoff a. a. O. Th. I. S. 455. u. Th. III. S. 328. hat diesen für die Geognosie und die Physik höchst interessanten Gegenstand ausführlich behandelt.

2 Biblioth. univ. 1819. p. 285. 3 Curiositäten. Th. V. S. 120.

4 Observations sur les Antiquités d'Herculanum. Par. 1755. p. 82. Vergl. Phil. Trans. T. L. p. 160.

5 Antichità di Puzzuoli. Tab. 15.

6 Memorie della Soc. Ital. T. IX. p. 199.

tungen darüber mit, G. A. de Luc[1] und Blumenbach[2] handelten darüber, in den neuesten Zeiten sind eine sehr grosse Menge von Untersuchungen darüber angestellt worden, namentlich durch D. Andr. de Jorio[3], v. Göthe[4], sehr gehaltreich durch James Dr. Forbes[5], Antonio Nicolini[6] und Lyell[7]. Es geht indefs aus einer ungekünstelten Deutung aller Umstände unverkennbar hervor, dafs der Fufsboden des Gebäudes früher höher gelegen habe, als gegenwärtig, da er überschwemmt wird, was gewifs beim Erbauen nicht bezweckt wurde, dafs er aber in einer gewissen Periode noch 24 Fufs tiefer gewesen seyn mufs, denn so hoch über dem jetzigen Wasserspiegel haben die Pholaden die Marmorsäulen angebohrt. V. Hoff folgert auch aus historischen Thatsachen, dafs nach vorhandenen Inschriften das Gebäude unter Marcus Aurelius und Septimius Severus restaurirt wurde, man aber etwa im Jahre 1530 in der Umgegend noch fischte, wonach also die Senkung zwischen das dritte und die Mitte des sechzehnten Jahrhunderts fiele, was auch mit dem Ausbruche der nahen Solfatara im Jahre 1198 und dem Entstehn des Monte nuovo im Jahre 1538, mit welcher letztern Katastrophe eine Hebung jener Gegend verbunden seyn konnte, recht gut übereinstimmt. Ueber das Sinken dürfte man nicht eben verlegen seyn, da solche Senkungen oft die Erdbeben begleiten, die bekanntlich in Italien nicht zu den Seltenheiten gehören. Auch Fr. Hoffmann[8], welcher noch kürzlich diese Gegenden untersuchte, erklärt die so lange Zeit hindurch räthselhaften Erscheinungen aus abwechselnden Senkungen und Hebungen des Bodens.

11) Wenn nach diesen übereinstimmenden und wohlbe-

---

1 Journ. de Phys. T. XLIX. p. 425.

2 Spec. hist. nat. antiquae artis operib. illust. p. 9.

3 Ricerche sul Tempio di Serapide in Pozzuoli. Nap. 1820. 4.

4 Zur Morphologie. Th. II. S. 79.

5 Edinburgh Journ. of Science New Ser. No. II. p. 280.

6 Rapporto sulle acque che invadono il pavimento dell' antico edificio detto il Tempio di Giove Serapide. Napoli 1829. 4. Alcune idee sulle cause delle fasi del livello del Mare. Nap. 1829. 4.

7 Principles of Geology. T. I. p. 449.

8 Karsten Archiv für Mineralogie, Geognosie u. s. w. Th. III. S. 374.

gründeten Thatsachen örtliche, periodische und ohne auffallende Katastrophen allmälig bewirkte Hebungen des Bodens nicht weiter zweifelhaft sind, Senkungen einzelner Orte und Strecken aber unter die gar nicht ungewöhnlichen Erscheinungen gehören, so folgt hieraus, dafs über eine Veränderung des Meeresspiegels aus localen Kennzeichen nicht entschieden werden kann, das Urtheil hierüber vielmehr aus einer Uebersicht des Ganzen begründet werden mufs. Es giebt aber aufser den bereits erwähnten, zu entgegengesetzten Schlüssen führenden Thatsachen noch eine bedeutende Menge, die auf eine für Jahrhunderte unveränderliche Höhe des Meeresspiegels schliefsen lassen. Als hauptsächliche Beweise, die v. Hoff anführt, können folgende dienen. Die Bäder in den Felsen bei Alexandrien und die Steine im Hafen, die das Ankern hindern, sind seit der frühesten Periode dieser Stadt bis auf die neuesten Zeiten herab unverändert geblieben[1]; der Hafen von Gortyne auf Creta hat nach Tournefort[2] noch dieselbe Gestalt, wie Strabo beschreibt, und ebenso bemerkt man an den Felsen und Hafen-Anlagen bei Triest nach der Aussage der Einwohner seit dem Aufblühn des Handels dieser Stadt bis auf die jetzigen Zeiten keine Veränderung. Insbesondere pafst die homerische Beschreibung der Felsen Scylla und Charybdis noch genügend auf ihre jetzige Beschaffenheit[3], der uralte Hafen von Marseille zeigt keine Spuren einer Veränderung der Meereshöhe; ebendieses ist der Fall bei den Mauern von Cadix, und eine Menge Untersuchungen, welche Dax[4] über die Küsten von Aigues-Mortes angestellt hat, zeigen eine seit mehrern Jahren gleichbleibende Höhe des Meeresspiegels.

12) Es giebt jedoch eine Thatsache, die bei diesen Untersuchungen nicht übergangen werden darf, da es in der That schwer fällt, sie mit der unveränderlichen Höhe des Meeresspiegels in Einklang zu bringen. Forster[5], Peron[6] und viele andere Seefahrer haben auf die Inseln aufmerksam

---

1 Dureau de la Malle Géogr. phys. de la Mer noire. Chap. 3. p. 16.

2 Voyages. T. I. Lett. 2. p. 76 u. 98.

3 Spallanzani Reisen. T. IV. p. 147.

4 Monatl. Corr. Th. XXV. S. 409.

5 Bemerkungen. S. 125.

6 Dessen Reisen. Th. I. S. 122.

gemacht, welche namentlich in der Südsee von den zahlreichen Arten der Corallenthierchen aufgeführt werden. Es ist zwar bereits gezeigt worden[1], wie diese merkwürdigen Erzeugnisse bis zu einer gewissen Höhe über dem Meeresspiegel anwachsen, obgleich die sie erzeugenden Thiere nicht aufser der Wasserfläche leben können, allein merkwürdig bleibt es doch allerdings, dafs bei den meisten nicht etwa die später erzeugte bedeckende Dammerde, sondern die eigentlichen madreporischen Gebilde höher hervorragen, als die höchsten Fluthen steigen, wenn gleich einige der jüngern noch in seltenen Fällen bei heftigen Stürmen überschwemmt werden. Gerade der Umstand, dafs die nach verschiedenen Indicien jüngeren Inseln zuweilen überschwemmt werden, macht die Sache noch auffallender. Mac Culloch[2] nimmt zwar an, sie seyen nach ihrer Vollendung durh vculcan. Kräfte gehoben worden; allein es ist kaum denkbar, dafs solche Hebungen alle jene Inseln oder mindestens bei weitem die Mehrzahl getroffen haben sollten, weil dann leichter eine allgemeine Hebung des Meeresbodens anzunehmen wäre. Nimmt man daher diese Thatsache mit den oben (§. 4. u. 5.) bereits erwähnten Gründen zusammen, die eine allmälige Erhöhung des Meeresspiegels vermuthen lassen, so wird eine allgemeine Verminderung der Wassermasse des Oceans mindestens in einem hohen Grade wahrscheinlich, deren Ursache dann nicht wohl eine andere, als die allmälige weitere Einsaugung des Wassers durch die Erdkruste seyn könnte. Allerdings wird die Wirkung hiervon innerhalb derjenigen Zeitperiode, worin bisher genaue Beobachtungen statt fanden, gar nicht oder kaum merklich seyn, um so weniger, da einiges Sinken der Küstengegenden durch Abspülung und zunehmendes Compacterwerden nichts in sich Widersprechendes hat. Auf diese Weise gehörten also partielle Hebungen, deren Wirklichkeit erst so spät anerkannt wurde, und ein sehr langsames Sinken des Meeres, beides durch die kenntlichsten Spuren aus uralten Zeiten sattsam angedeutet, unter die zur fortdauernden Umbildung unseres Erdballs dienenden Ereignisse.

---

1 S. *Geologie.* Bd. IV. S. 1308.
2 Journ. de Phys. T. XCVI. p. 102.

C. Meeresboden.

13) Der *Meeresboden* ist nach dem, was die gemeinsten Erfahrungen angeben, sehr ungleich, eine völlig genaue Kenntnifs desselben ist jedoch auf keine Weise zu erlangen. Im Allgemeinen ist derselbe in seiner Configuration eine Fortsetzung der Ufer, daher bei Ebenen auf bedeutende Strecken allmälig sich vertiefend, bei felsigen Ufern selbst felsig und mit einer Menge hervorragender Klippen überdeckt. Namentlich gewahrt man oft, z. B. bei den Fuchsinseln, den Aleutischen, den Japanischen, den Molucken und andern Inselgruppen, dafs die Bergzüge bis weit in das Meer hin fortlaufen, statt dafs an der holländischen, der nordwestlichen africanischen und andern Küsten die Fortsetzungen ausgedehnter Ebenen auf weite Strecken hin kenntlich bleiben. Ebenso verschieden, als die Configuration, sind die Bestandtheile des Meeresbodens. In der Hauptsache ist derselbe entweder aus Felsen bestehend oder mit grobem Kiese und Sande bedeckt oder mit einer mehr oder minder dicken Lage von Schlamm. Alles dieses folgt so einfach aus der Natur der Sache, namentlich aus den steten Bewegungen des Meerwassers und der grofsen Masse von Schlamm und Sand, die seit undenklichen Zeiten durch die Flüsse zugeführt worden ist, dafs die Untersuchung überhaupt nur ein geringes physikalisches Interesse hat und blofs für die Nautik von grofser Wichtigkeit ist, insofern die Seefahrer wissen müssen, welche Stellen zum Ankerwerfen mehr oder minder tauglich oder wegen ihrer felsigen Beschaffenheit gar nicht dazu geeignet sind. In dieser Beziehung ist aufserdem die Kenntnifs der Untiefen sehr wesentlich, die den Schiffen Gefahr bringen, entweder wenn diese im Sande und Schlamm versinken, worauf dann die anschlagenden Wellen sie zertrümmern, oder durch Felsen zerschnitten, zerstofsen, nicht selten auch durch die Gewalt der Brandung dagegen geworfen und zerschellt werden. Sehr gefährlich sind insbesondere die Corallenriffe, die hauptsächlich in den wärmern Regionen bis auf bedeutende Strecken von den Küsten selbst da, wo man sie gar nicht erwartet, bis zu geringer Tiefe unter der Oberfläche des Wassers zackig und schneidend scharf sich erhebend den Schiffen einen unvermeidlichen Untergang drohen.

D. Tiefe des Meeres.

14) Die *Tiefe* des Meeres ist sehr ungleich; jedoch weiſs man bloſs dieses, und daſs die gröſsten Meere in der Regel die tiefsten sind. Zur Messung der Tiefe dient das *Senkblei*, und auſserdem hat man verschiedene *Bathometer* in Vorschlag gebracht, jedoch ist bis jetzt noch keines zur prakt. Anwendung genügend befunden worden. Was den Gebrauch des Bleilothes oder Senkbleies bei gröſsern Tiefen hindert und bei sehr groſsen unmöglich macht, ohne die gleichfalls sehr hindernden tiefern Strömungen zu erwähnen, ist oben[1] bereits gesagt worden. Man übersieht diese Schwierigkeiten am besten bei einem wirklichen Versuche. Der Commodore des Linienschiffes Superb lieſs im Sept. 1819 unter 4° N. B. im atlantischen Ocean eine Sonde hinab, deren Gewicht aus 4 Fäſschen Ballast und 2 schweren Senkbleien im Betrage von 6 Centnern bestand. Anfangs lief das starke Tau sehr schnell, nachher langsam, und als 2000 Klafter abgelaufen waren, zog man es wieder herauf, wozu die ganze Kraft des Schiffes erfordert wurde. Als weniger denn der vierte Theil des Seiles aufgewunden war, riſs das Tau, und obgleich fast gänzliche Windstille herrschte, wurde doch die erreichte lothrechte Tiefe nur auf 1000 Lachter geschätzt[2]. Oben ist auch das durch Stipriaan Luiscius vorgeschlagene Bathometer gewürdigt worden[3]. Eins der bekanntesten, vielleicht aber ein nie in Anwendung gebrachtes Bathometer ist das von Hook[4] angegebene. Dieser ermittelte durch Versuche, daſs ein im Wasser untersinkender Körper durch den Widerstand des flüssigen Mediums nach einem kurzen Zeitintervalle zum Maximum seiner Geschwindigkeit gelangt, mithin mit gleichbleibender Geschwindigkeit fällt, so daſs also die durchlaufenen Räume den Zeiten direct proportional sind. Ebendieses Verhältniſs findet rücksichtlich des Aufsteigens statt, wenn der Körper specifisch leichter ist als das Wasser, und es läſst sich also aus der Zeit, in welcher ein solcher Körper im Wasser bis zu einer gewissen gemessenen Tiefe fällt und wieder aufsteigt, die

1 S. *Bathometer*. Bd. I. S. 942.
2 Al. Caldcleugh Reisen in Südamerica. Weim. 1826. S. 5.
3 Vergl. Journal des Mines. T. XXV. p. 401.
4 Phil. Trans. T. I. No. 9. p. 147.

Tiefe eines andern aus der erforderlichen Zeit finden. Diesem gemäfs befestigte er vermittelst eines geeigneten Mechanismus eine hölzerne Kugel an einem Bleigewichte so, dafs letzteres beim Aufstofsen auf den Boden die herabgezogene Kugel losliefs, die dann nach der Auslösung wieder emporstieg und also durch die zu ihrem Herabsinken und Emporsteigen erforderliche Zeit die Tiefe bis zum Meeresgrunde angeben sollte. In Seen von mittlerer Tiefe zeigte sich der Apparat allerdings brauchbar, allein beim offenen Meere stehn der Anwendung desselben alle die Hindernisse entgegen, welche v. Horner in Beziehung auf das von ihm beschriebene Bathometer geltend gemacht hat, und dazu kommt noch ein neues hinzu, welches daraus entspringt, dafs der Augenblick des Emporkommens der Kugel über die Wasserfläche genau wahrgenommen werden müfste, was in der That unmöglich ist. Aufserdem aber lehren noch die neuesten Versuche von Scoresby[1], dafs die Hölzer, wenn ihre Poren durch den ungeheuren Wasserdruck von 1000 und mehrern Fufs ganz angefüllt sind, specifisch schwerer als das Wasser werden, und man müfste daher hohle metallene, für den Druck hinlänglich starke Kugeln statt der hölzernen wählen; inzwischen ist der Apparat aus den angegebenen Gründen so wenig anwendbar, dafs man deswegen ebensowenig in der Zukunft Gebrauch davon machen wird, als dieses bisher geschehn ist, obgleich noch neuerdings Grenstreet eine Verbesserung desselben in Vorschlag gebracht hat. Dennoch wurde derselbe noch kürzlich unter einem neuen Namen *Ballon hydrostatique* zum Gebrauche der französischen Marine empfohlen, allein die zur Prüfung ernannte Commission machte auf den störenden Einflufs der Strömungen aufmerksam, und Freycinet bemerkte, der nämliche Vorschlag sey schon vor einigen Jahren durch einen Seeoffizier gemacht, aber verworfen worden[2].

Desaguliers und Hales hatten die Idee, die Tiefe des Wassers durch die Stärke des Druckes zu messen, welchen dasselbe gegen eine eingeschlossene Luftmasse ausübt, also nach dem Boyle'schen oder Mariotte'schen Gesetze[3]. Hierzu

1 S. *Gewicht, specif.* Bd. IV. S. 1539.
2 L'Institut. 1834. N. 65.
3 Philos. Trans. T. XXXV. p. 412.

diente eine am einen Ende zugeschmolzene und am andern offene, durch Honig oder Theriak gesperrte Glasröhre. Es ergiebt sich ganz einfach, dafs vermittelst einer solchen heberförmig gebogenen und mit ihrem offenen Ende in ein geeignetes Gefäfs gesenkten Röhre das Volumen der eingeschlossenen Luft bei gewöhnlichem atmosphärischem Drucke und bei dem in Folge der über dem Apparate befindlichen Wassersäule vermehrten durch die Spuren der an den innern Wandungen anklebenden zähen Flüssigkeit an einer geeigneten Scale gemessen und hieraus auf die Höhe der drückenden Wassersäule geschlossen werden kann. Auch dieser Apparat mufs in die Tiefe herabgesenkt werden und nach der Auslösung eines Gewichtes wieder emporkommen; es stehen jedoch seiner Anwendung die bereits gerügten Hindernisse entgegen, ich finde deswegen nicht, dafs man wirklich Gebrauch davon gemacht habe; auch soll er nach den Versuchen von Bagialli[1] dem Hooke'schen nachstehn.

Neuerdings hat Oersted[2] eine Abänderung dieses Bathometers angegeben. Hiernach soll dasselbe aus einem gläsernen, mit Luft gefüllten Gefäfse bestehn, welches überall verschlossen vermittelst einer gekrümmten Röhre mit einem andern Gefäfse in Verbindung steht, worin sich Quecksilber befindet, unter dessen Oberfläche der eine Schenkel der gekrümmten Röhre mündet. Durch die Compression der Luft wird dann Quecksiber in das erstere Gefäfs getrieben, und bleibt in demselben, wenn auch die sich wieder ausdehnende Luft durch das enge Röhrchen entweicht. Der Rest der noch im Gefäfse zurückgebliebenen Luft giebt dann die Stärke der Compression und die hierzu erforderliche Wasserhöhe in Atmosphären nach dem Mariotte'schen Gesetze, wobei die Correction wegen des Einflusses der Temperatur von einem gleichzeitig mit hinabgesenkten Register-Thermometer entnommen wird.

Nach einer Mittheilung des verewigten v. Horner hat der Seckelmeister Dr. Ziegler zu Winterthur ein Bathometer angegeben, welches gleichfalls auf die Compression der Luft gegründet mindestens genauere Resultate, als alle übrige,

---

2 Comm. Bonon. T. V. P. I. p. 280.
2 L'Institut. 1834. N. 55.

Fig. 247. verspricht. Der Haupttheil des Apparates ist das Wassergefäfs B von starkem geschlagenem Kupfer, um sowohl den Luftdruck von innen, als auch den Wasserdruck von aufsen auszuhalten, und ebendiese Bedingung ist nothwendig bei der hohlen, überall verschlossenen Kugel A, welche als Schwimmer dient und dem Apparat für sich ein beträchtliches Uebergewicht über das verdrängte Wasser giebt. Um ihn daher sinken zu machen, wird ein schwerer Stein oder ein geeignetes Stück Blei in die Zangen r und r′ gehangen, welches diese um den Zapfen m drehbaren Haken mit ihren Spitzen so viel fester halten, je stärker es dieselben herabzieht; man übersieht aber bald, dafs beim Aufstofsen des dreieckigen Stückes E die hieran befestigten Stangen z, z′ jene Haken auseinander drücken, so dafs der beschwerende Körper d herausfällt, auf dem Grunde liegen bleibt und hierdurch dem freigelassenen Instrumente möglich macht, wieder emporzusteigen. Die Oeffnung, welche von unten herauf in das übrigens völlig luft- und wasserdicht verschlossene Gefäfs B führt, ist durch einen Hahn h verschlossen. An der verlängerten Querstange hn dieses Hahns hängt an einer gleichfalls langen Stange np ein schweres Gewicht C, welches die Stange nh herabzieht und den Hahn h hierdurch völlig verschliefst. So wie aber das Gewicht C auf den Grund des Meeres stöfst, wird der Hahn durch Umdrehn geöffnet, das Wasser dringt ein, bis der Apparat nach der Auslösung des beschwerenden Gewichtes S wieder emporsteigt und das Gewicht C den Hahn wieder schliefst; die Luft im Gefäfse B ist dann dem Drucke der oberhalb desselben befindlichen Wassersäule proportional zusammengedrückt, nach dem Wiedererscheinen des Apparats auf der Oberfläche des Meeres wird der verschliefsende Deckel O geöffnet und aus dem Verhältnisse des mit Wasser gefüllten Raumes zum Gesammtinhalte des Gefäfses der Druck der Wassersäule, aus diesem aber die Höhe derselben ermittelt, wobei das Thermometer im Gefäfse B zugleich zur Bestimmung der Temperatur dienen kann.

Ist gleich dieser Apparat, welcher eine noch nicht beantwortete Frage zu erledigen dienen soll und daher alle Aufmerksamkeit verdient, in der Hauptsache zweckmäfsig eingerichtet, so zeigt eine nähere Prüfung desselben dennoch einige wesentliche Mängel, die sich aber durch einige Abänderung

beseitigen lassen. Soll zuerst der Hahn h bei dem enormen Wasserdrucke bis zur Ankunft auf dem Meeresboden und nachher auf der Oberfläche hinlänglich schliefsen, so mufs er nicht blofs überhaupt sehr gut gearbeitet seyn, sondern die sich berührenden Metallflächen müssen nicht unter eine gewisse Gröfse vermindert werden. Um dieses zu erreichen, wenn es anders überhaupt möglich ist, da bei einer Tiefe von etwa 3000 Fufs der Druck schon 100 Atmosphären beträgt, mufs die Oeffnung in demselben klein seyn, und es ist dann die Frage, ob bei der Drehung desselben in Folge des Aufstofsens des Gewichts C und nach dem wieder begonnenen Aufsteigen des Apparates durch das Herabsinken ebendieses Gewichts das Gefäfs sich gänzlich füllt, da der Hahn beide Male nur eine sehr kurze Zeit geöffnet ist. Wäre dieses aber auch der Fall, so geschieht das Eindringen des Wassers und die dadurch bewirkte Compression der Luft sehr schnell, die aus der Luft entbundene Wärme vermehrt ihre Elasticität, ihre Zusammendrückung ist nicht vollständig und das Resultat daher unrichtig. Vermuthlich ist jene Einrichtung deswegen getroffen, um zugleich die Temperatur des blofs in der gröfsten Tiefe eindringenden Wassers zu finden, was jedoch deswegen unzulässig ist, weil man nicht erwarten darf, dafs das Instrument bald nach seinem Emporkommen aufgefunden und herausgenommen werden sollte. Jenem Uebelstande wird jedoch dadurch abgeholfen, dafs der Hahn beim Herablassen offen ist, um das Wasser allmälig eindringen zu lassen, beim Aufstofsen auf den Boden aber durch den angegebenen Mechanismus um einen Quadranten herumgedreht und verschlossen wird, wobei es noch aufserdem zweckmäfsig seyn dürfte, den Hahn mit einer geeigneten Vorrichtung zu versehn, um ihn nach dem Verschliefsen festzuhalten und sein Oeffnen zu hindern. Wenn man ferner den enormen Druck berücksichtigt, welchen die innere eingeschlossene Luft nach dem Emporkommen des Apparates ausübt, so erscheint der obere Deckel O als unzweckmäfsig, um so mehr, als das eingesenkte Thermometer aus den angegebenen Gründen unnütz ist und die Messung des von der Luft noch eingenommenen Raumes nach dem Oeffnen des Deckels nur mit Mühe bewerkstelligt wird. Ungleich zweckmäfsiger dürfte es seyn, das von seinen übrigen Theilen befreite Wassergefäfs B vor dem Gebrauche leer und nach dem Ver-

suche zu wägen, um bei bekanntem Gewichte des Seewassers, wodurch dasselbe ganz erfüllt wird, aus dem Unterschiede des Gewichts vor und nach dem Versuche das Volumen des eingedrungenen Wassers und somit die Zusammendrückung der Luft zu bestimmen.

Obgleich übrigens dieser Apparat sinnreich construirt ist, so kann er doch schon wegen des darin zurückbleibenden Wasserdampfes keineswegs für ein absolut genaues Meſswerkzeug gelten. Allerdings könnte man nach jedesmaligem Gebrauche desselben die letzten Antheile Feuchtigkeit durch Erhitzen oder, wenn man hiervon eine Beschädigung der genau aufgeschliffenen Flächen des Hahns befürchtete, durch wiederholtes Exantliren und Anfüllen mit trockner Luft wegschaffen; allein ein nicht zu beseitigendes Hinderniſs liegt in dem Umstande, daſs wahrscheinlich eine unbestimmbare Menge der enthaltenen Luft durch den enormen Druck in das Seewasser gepreſst wird, was dann das erhaltene Resultat höchst ungewiſs macht. Man wird nämlich von diesem Instrumente nur da Gebrauch machen, wo das Senkblei nicht mehr ausreicht, also mindestens bei Tiefen, die etwa 600 Fuſs übertreffen, und der Druck der Luft wird daher allezeit 20 bis 100 und mehr Atmosphären betragen.

15) Eine Angabe der Tiefen auch nur der bedeutendsten Meere, geschweige denn aller, wird man hier nicht suchen[1]. Die Kenntniſs derselben gehört in das Gebiet der praktischen Nautik und man findet sie daher von vielen oft befahrenen Meeren auf den Seecharten; doch sind bei weitem noch nicht alle Stellen ausgemessen, ja man kennt nicht einmal die gröſste Tiefe des Meeres. Im Allgemeinen ist aufgefunden worden, daſs an vielen Stellen über sandigem Boden die Tiefe nicht sehr bedeutend und nicht auffallend wechselnd ist, sondern sich über beträchtliche Strecken ziemlich gleich bleibt. Dieses ist unter andern der Fall an den niederländischen Küsten und über der groſsen Sandbank, die sich vor Neufundland hin erstreckt; überhaupt behält das Meer neben flachen Küsten bis auf eine beträchtliche Entfernung in der Regel eine geringe Tiefe. An

---

1 Eine Menge Bestimmungen mit daraus abgeleiteten allgemeinen Betrachtungen von Zeune findet man in Berghaus Annalen. 1834. Hft. IV. S. 465.

andern Stellen dagegen wechselt die Tiefe schnell und man trifft auf Felsen oder Sandbänke, wo dicht daneben noch der Meeresgrund kaum erreichbar ist, wie unter andern in einiger Entfernung vom Hafen zu Rio Janeiro, einem für die Schifffahrt deswegen sehr gefährlichen Orte. Im brittischen Canale fand man nach BOYLE[1] an einer Stelle nur 30 und in einer Entfernung von etwa zwei Schiffslängen über 100 Faden Tiefe, bei Island nach OLAFSEN[2] da, wo die Schiffe liegen, nicht leicht 40 Faden, dicht daneben aber 160 Faden. Im Ganzen ist wohl der vielfach bestrittene Satz als wahr anzunehmen, daſs der Meeresboden diejenige Gestalt beibehält, die sich an den Küsten zeigt[3], obgleich dieses auf die groſsen Strecken des Oceans keine Anwendung leidet. Von einzelnen Meeren, z. B. dem Canale, dem Meere zwischen England und Scandinavien, der Ostsee, welche von 20 bis 60 Faden, der Nordsee, welche 120 bis 150 Faden tief seyn soll[4], dem mittelländischen Meere, insbesondere von den Häfen und ihren Umgebungen, kennt man die verschiedenen Tiefen sehr vollständig und genau, allein bei weitem der gröſste Theil der groſsen Oceane ist noch unbekannt, weil die Untersuchung der bedeutendsten Tiefen, die weder Gefahr bringen, noch das Ankern zulassen, für die Nautik kein Interesse darbietet und diese noch obendrein mit dem bis jetzt ausschlieſslich hierzu angewandten Senkblei gar nicht oder nur mit groſser Mühe meſsbar sind. ANSON[5] gab es auf, die Tiefe des Meeres unfern der Küste Brasiliens zu messen, als er bei 150 Faden keinen Grund fand, und auch FORSTER suchte oft vergebens in den südlichen Meeren den Grund zu erreichen. Inzwischen kam schon ELLIS[6] an den africanischen Küsten bis 891 Faden (5346 engl. F.), in der Reise des Cap. PHIPPS nach dem Nordpole findet man mit der Sonde gemessene Tiefen von 613 bis 780 Faden, ROSS fand die Tiefen in der

---

1 Relationes de fundo maris. Sect. I.

2 Reise Th. I. S. 201.

3 Vergl. ULLOA Nachrichten vom südlichen und nordöstl. Theile von America. 1781. Th. I. S. 37. SCORESBY Account of the arctic Regions. T. I. p. 189.

4 CATTEAU DE CALLEVILLE a. a. O. p. 43.

5 Reise um die Welt. Leipz. 1749. 4. S. 36.

6 Phil. Trans. 1750. T. XLVII. p. 213.

Baffinsbay zwischen 100 bis 1070 Faden und die gröfste gemessene Meerestiefe soll nach de Borda 1200 Faden betragen[1]. Scoresby[2] fand unter 78° 53′ N. B. und 5° 56′ östl. L. von Greenw. den Grund in 3600 Fufs und wenige Meilen davon in 4000 Fufs, suchte ihn aber vergebens unter 76° 16′ N. B. und 9° östl. L. in 230 Faden, unter 79° 4′ N. B. und 5° 35′ östl. L. in 670 Faden, unter 78° 2′ N. B. und 0° 10′ westl. L. in 721 Faden, unter 75° 50′ N. B. und 5° 50′ westl. L. in 1058 Faden und kam wirklich unter 76° 30′ N. B. und 4° 48′ westl. L. bis 1200 Faden, was er für die gröfste jemals gemessene Tiefe hält, ohne jedoch den Boden zu erreichen[3]. Dieses ist also blofs die Grenze der wirklichen Messung, aber nicht die absolut gröfste Tiefe, die wohl überall nicht aufzufinden ist, weil die Aenderungen derselben selbst da getroffen werden, wo man sie am wenigsten erwartet. So fand unter andern Forster[4] den Grund im Eingange der Duskybay nur 45 Faden tief, in der Bucht selbst aber über 80 Faden, an der südlichen Küste des Feuerlandes unweit der Christmasbay erst 40 bis 50, dann 60 bis 70 und i der Bay selbst über 80 Faden tief, Scoresby[5] aber mafs an der grönländischen Küste in dem nach ihm selbst benannten Sunde in der Mitte zwischen Cap Brewster und Cap Tobin 300 Faden Tiefe und selbst innerhalb einer engl. Meile vom Lande insgemein 150 bis 200 Faden Tiefe. D'Aubuisson[6] schliefst aus dem Verhältnisse der Höhen und Tiefen des Festlandes, dafs die gröfste Tiefe des Meeres 2000 Faden wohl nicht übersteigen werde.

1 Stiprian Luiscius in G. XXXIII. 418.

2 An Account of the arctic Regions cet. Edinb. 1820. II Voll. 8. T. I. S. 189.

3 Scoresby empfiehlt eine Sonde von etwa 20 Pfd. Blei an einer gewöhnlichen Log-Linie, um die Berührung des Bodens besser zu fühlen. Hiermit kommt man bis zu 300 Faden, und dann ist es vortheilhaft, bei noch gröfsern Tiefen etwas stärkere Seile anzuknüpfen, weil das Gewicht des Ganzen stets zunimmt.

4 Bemerkungen S. 45.

5 Tagebuch einer Reise auf den Wallfischfang u. s. w. Ueb. v. F. Kries. Hamb. 1825. S. 247.

6 Traité de Géognosie. T. I. p. 85. Vergl. La Place Mém. de l'Inst. 1818.

E. Beschaffenheit des Meerwassers.

16) Das Seewasser hat einen eigenthümlichen *Geruch*, wodurch die Nähe des Meeres sich schon auf einige, wenn gleich nicht beträchtliche Entfernung kenntlich macht. Derselbe läfst sich nicht beschreiben, im Allgemeinen ist er jedoch nicht eigentlich faulig, obgleich er daran grenzt und zugleich etwas Scharfes hat, so dafs er reizbaren Personen unangenehm werden kann. Die Ursache desselben liegt in der Ausdünstung, die durch die zahllose Menge der darin lebenden und zum Theil verwesenden Geschöpfe erzeugt wird, wobei man sich jedoch nicht ausschliefslich auf das Thierreich beschränken darf, indem vielmehr auch die Bestandtheile des Pflanzenreichs einen bedeutenden Einflufs darauf haben, wie mir schon durch die eigenthümliche Beschaffenheit desselben angedeutet zu seyn scheint.

17) Der *Geschmack* des Seewassers ist widerlich wegen seiner Salzigkeit und der damit verbundenen Bitterkeit. Die Ursache der letzteren liegt nicht in beigemengtem Erdharze, wie noch Marsigli glaubte, sondern in den aufgelösten Bittersalzen. Alle ältere Bestimmungen, die Bergmann[1] gesammelt hat, sind wegen ihrer geringen Genauigkeit ganz werthlos; in den neuern Zeiten hat man aber die Bestandtheile des Seewassers theils unter ungleichen Breiten, theils aus ungleichen Tiefen mit grofser Genauigkeit auszumitteln gesucht. Um das zu den Analysen erforderliche Wasser aus der Tiefe zu erhalten, bedient man sich eigener Maschinen, die in frühern Zeiten und noch gegenwärtig zugleich auch zur Ermittelung der Temperatur an jenen Stellen benutzt werden. Der älteste Apparat, dessen man sich zu diesem Zwecke bediente, das sogenannte *Bucket Sea-gage*, beschreibt Hales[2] als einen blofsen Eimer mit zwei in einem geeigneten Abstande von einander befindlichen Böden, deren jeder ein etwa 4 Zoll weites rundes Loch hat. Diese beiden Oeffnungen sind durch Deckel verschlossen, welche mit einander durch eine dünne Eisenstange zusammenhängen und sich demnach gleichzeitig öffnen und schliefsen. Beim Herablassen des Apparats sind beide Klap-

1 De aqua pelagica. In Opusc. T. I. p. 179.
2 Philos. Trans. for 1750. T. XLVII. p. 213.

pen geöffnet und der Eimer füllt sich mit dem Wasser derjenigen Schicht, in welcher er sich gerade befindet, beim Beginnen des Herausziehns werden beide durch Zufallen in Folge ihres eigenen Gewichtes verschlossen und behalten dadurch das zwischen ihnen eingeschlossene Wasser zurück. Ebendieses Apparates bediente sich auch Irwing auf der Reise des Capitain Phipps nach dem Nordpole im Jahre 1773, und überhaupt scheint er allgemein gebraucht worden zu seyn, bis Marcet[1] einen andern in Vorschlag brachte. Dieser besteht aus einem starken Cylinder von Messing CC mit einem obern und untern Boden, in deren jedem sich ein Klappenventil V, V' befindet, die sich jedoch beide in ihren Scharnieren nicht frei bewegen, sondern durch starke Federn BS, B'S' von oben herab niedergedrückt werden, während zwei seitwärts angebrachte Federn SS, S'S' diesen Druck verstärken. Um sie offen zu erhalten, dient das Gewicht W, dessen Schnur D über die Rollen P, P', P'' laufend am Ringe F befestigt ist. Vermittelst einer an den Draht A gebundenen Schnur wird das Instrument nach geöffneten Klappen in das Meer herabgesenkt, das Wasser strömt frei hindurch, bis das Gewicht W auf einen Widerstand leistenden Gegenstand, einen Felsen oder den Meeresgrund, stöfst, worauf die freigewordenen Klappen sich nicht blofs schliefsen, sondern gleichzeitig durch den vorspringenden Riegel LS absolut fest gehalten werden. Die hierbei angebrachte Verbesserung besteht also blofs darin, dafs die Klappen beim Heraufziehn des Instrumentes sich durch etwaiges Schwanken und Erschüttern nicht wieder öffnen können und folglich das am Boden des Meeres aufgenommene Wasser unverändert empor gebracht wird.

Fig. 248.

Allein nur dieses Wasser ist auf diese Weise zu erhalten, keineswegs aber aus jeder beliebigen Tiefe, was auf jeden Fall gleichfalls sehr wünschenswerth wäre. Um diesen Zweck zu erreichen, hat Marcet noch ein anderes ähnliches Instrument beschrieben, wovon Newman die Einzelheiten angab. An diesem befinden sich Kegelventile zum Verschliefsen des auf gleiche Weise eingerichteten Cylinders, und diese werden dadurch offen gehalten, dafs der Haken F des Winkelhebels FDE das Querstück cc am Herabsinken hindert. Der

Fig. 249.

[1] Phil. Trans. 1819. p. 161.

Winkelhebel hat jedoch ein Uebergewicht in E und würde daher die Ventile fallen lassen, wenn nicht das Gewicht W ihn zurückhielte. Sobald aber dieses Gewicht auf den Boden des Meeres aufstöfst oder man ein anderes Gewicht B an der Tragschnur A herabgleiten läfst, welches bei seiner Ankunft auf E drückt, wird der Haken F ausgelöst, die Kegelventile fallen zu und bleiben durch ihr eigenes Gewicht bei allen Erschütterungen verschlossen. Parry hat sich desselben in der Baffinsbay bedient. Tennant schlug vor, eine blofse hölzerne Büchse zu wählen, deren Deckel in einem Scharniere beweglich ist und so lange offen bleibt, als der Apparat im Wasser herabsinkt, sich aber wasserdicht schliefst, sobald ein durch das Heraufziehn bewegtes Rädchen ihn auslöst. Auch H. Davy[1] hat ein Instrument angegeben, dessen sich Ross auf seiner ersten Entdeckungsreise bediente. Es besteht aus einer länglichen Flasche von geschlagenem Kupfer, oben mit einem Halse, den ein gewöhnlicher Hahn verschliefst. Parallel mit der Axe der Flasche ist eine oben verschlossene, unten offene Röhre angebracht, mit einem luftdicht schliefsenden Kolben, welcher durch den vorher zu bestimmenden Wasserdruck hineingetrieben wird und dann den Hahn öffnet, so dafs das Wasser einströmt. Ross glaubte zu bemerken, dafs der Hahn nicht genau genug schliefse, um das Wasser aus der bestimmten Tiefe unvermengt zu erhalten[2]. Franklin gebrauchte auf seiner Nordpolarreise blofse verkorkte Bouteillen, in welche der starke Druck die Korke hineintrieb, worauf sie sich dann mit Wasser füllten, welches durch den gehobenen Kork abgesperrt wurde. Am einfachsten ist wohl ein durch v. Horner[3] angegebenes Instrument. Dieses besteht aus einem messingnen cylindrischen Gefäfse AB mit einem Hahn I zum Ablassen des aufgenommenen Wassers. In den obern und untern Boden sind konische Oeffnungen eingeschnitten, in welche der eingeschliffene Bolzen GH genau pafst. Ist das Instrument in der gehörigen Tiefe angekommen, so läfst man den in der Mitte durchbohrten Bolzen auf der Schnur herabsinken, welcher dann auf der Stange CD

Fig. 250.

Fig. 251.

1 Journ. of Sc. and Arts T. V. p. 231.

2 Die Maschine ist schwerlich überhaupt praktisch brauchbar.

3 G. LXIV. 100.

festsitzen, die Oeffnungen mm, nn verschliefsen und durch die vermittelst messingner Federn angedrückten Haken pp, die in den Einschnitt des Kragens ss fassen, festgehalten werden wird.

Scoresby[1], welcher unsere Kenntnisse des nördlichen Polarmeeres (des sogenannten grönländischen Meeres) so bedeutend erweitert und vielfach berichtigt hat, bediente sich anfangs eines von Carey unter der Aufsicht von Cavendish und Gilpin verfertigten Apparates, fand aber bald, dafs das Holz an demselben sich durch die Nässe warf, wodurch es bald unbrauchbar wurde. Er liefs sich daher ein anderes Werkzeug aus Messing giefsen, woran er die Ventile des erstern anbrachte, und nannte es *Marine diver*. Dem Wesen nach ist es eine blofse Abänderung des durch Hales angegebenen und besteht aus einem achtkantigen, nach oben etwas verjüngten, 14 Z. langen und oben 5 Z. im Durchmesser haltenden Gefäfse, mit zwei Klappen, der einen im obern, der anderen im unteren Deckel. Beide werden durch eine schwache Feder angedrückt, die das Oeffnen der Klappen beim Niedersinken des Apparates nicht hindern, wohl aber das Zurückschlagen derselben, wobei sie aufserdem das Zufallen der Klappen, sobald das Instrument ruht oder heraufgezogen wird, befördern. An zwei Seiten, einander gegenüber, sind starke Spiegelglasscheiben angebracht, 8 Z. lang und 2 Z. breit, um sogleich nach dem Heraufziehn ein darin befindliches Thermometer, meistens ein Six-Thermometer, zu beobachten, und die beiden Schrauben, die den obern Deckel festhalten, dienen dazu, diesen schnell abzunehmen, um das eingeschlossene Wasser zu untersuchen, da der Apparat auch dazu benutzt wurde, die kleinen Seethierchen heraufzuholen, deren es in jenen Meeren eine unermefsliche Menge giebt. Das Gewicht desselben betrug 23 Pfd. und es sank daher durch sein eigenes Gewicht herab, ging aber einst verloren, als eins der besten Seile, deren man sich beim Wallfischfange bedient, wahrscheinlich wegen einer Beschädigung durch Nässe, bei einer erreichten Tiefe von 7200 engl. Fufs rifs.

Fig. 252.

---

1 An Account of the Arctic Regions with a History and Description of the northern Whale-Fishery. Edinb. 1820. II Voll. 8. T. I. p. 185.

Der neueste praktisch angewandte Apparat dieser Art ist derjenige, welchen F. Parrot nach seiner Idee unter dem Namen *Bathometer* ausführen liefs und dessen sich Lenz auf der Reise des Capitains v. Kotzebue 1823 bis 1826 zur Auffindung des Salzgehalts und der Temperatur des Meeres in ungleichen Tiefen bediente[1]. Das Instrument, welches die Zeichnung im achten Theile seiner wirklichen Gröfse darstellt, war von verzinntem Eisenblech, 0,25 Lin. dick, verfertigt. Der innere, zur Aufnahme des Wassers dienende Raum hat 16 Z. Höhe und 11 Z. Durchmesser. Zwei messingne Grundflächen begrenzen ihn und dienen zur Aufnahme der konischen Klappenventile bcob und deed, welche an der Stange f festgelöthet sind, so dafs beide sich gleichzeitig öffnen und schliefsen. Beide Klappen sind von gegossenem Messing, eingeschliffen und von ungleicher Gröfse, um die untere durch die obere herauszuheben; zur Befestigung der Schalen, worein sie passen, dienen die dreieckigen Scheiben a, a und d, d. An die eiserne Stange f ist bei g, g das Thermometer angeschraubt, dessen Kugel 0,5 Lin. Glasdicke haben soll, um dem Wasserdrucke zu widerstehn und nach dem Heraufziehn des Apparats langsamer durch die äufsere Temperatur afficirt zu werden. Um die verticale Richtung der eisernen Stange zu erhalten, dienen zwei durchlöcherte krumme Eisenstangen, die untere kk und die obere, die in der Zeichnung nicht ausgedrückt werden konnte, da beide in rechtwinklig sich schneidenden Ebenen liegen. Um das Oeffnen und Schliefsen der Klappen durch den blofsen Widerstand des Wassers beim Herablassen und Hinaufziehn des Apparats zu bewirken, wurden die Klappen durch ein Gegengewicht bis auf einen geringen Ueberschufs balancirt, und weil dieses wegen des enormen Wasserdruckes, indem man das Instrument bis auf 3000 Faden Tiefe herabzulassen beabsichtigte, durch einen Schwimmer, etwa eine hohle Kugel, nicht erreicht werden konnte, so wählte man statt dessen Gegengewichte. An der eisernen Stange befinden sich die beiden Oerchen m, m, in welche Ringe der dünnen Stangen mn, mn eingreifen, die an den einen Hebelarmen n und n befestigt sind, deren andere zwei die blechenen, mit Blei ausgefüllten Linsen tragen. Die Figur zeigt

Fig. 253.

1 Mém. de l'Acad. de Petersbourg. VIme Sér. T. I. p. 240.

den verticalen Durchschnitt derselben; auch darf nicht übersehn werden, dafs ein von aufsen zugeschraubter Raum in ihnen gelassen ist, um sie vermittelst eingeschütteten Schrotes genau zu ajustiren. Letzteres geschah in Wasser, worin ein Drittheil Salz aufgelöst war, und die Klappen, deren Totalgewicht 7,5 ℔. betrug, behielten ein Uebergewicht von 0,5 Unzen. Dabei blieb aber noch zu berücksichtigen, dafs beim Herausziehn aus dem Wasser die Linsen früher emporkommen und daher den hydrostatischen Einflufs früher, als die noch im Wasser befindlichen Ventile, verlieren mufsten; sie würden die letzteren daher gehoben haben, wenn dieses nicht durch ein leeres blechenes Gefäfs s s vermieden worden wäre, welches durch das darin enthaltene Wasser die Stange niederdrückte. Der messingne Knopf v dient blofs dazu, dieses Gefäfs festzuhalten, und die übrigen Theile, als die beiden Ringe zum Halten w, w, die drei Füfse, der oben aufgeschraubte Querbalken r r, sind aus der Zeichnung von selbst klar. Wesentlich aber ist noch, dafs das Gefäfs und die Klappen mit abwechselnden Lagen von Eisenblech und grobem Tuche, letzteres in einer fast siedenden Mischung von Wachs und Unschlitt getränkt, umgeben wurden, um den Durchgang der Wärme durch diese Schichten heterogener Substanzen, zwischen welche noch aufserdem das Wasser eindrang, möglichst zu erschweren. Das Gewicht eines solchen Apparates im Wasser betrug 45 ℔.

Einen grofsen Theil der Schwierigkeit, welche das Heraufziehn tief hinabgelassener Senkbleie hindert, setzt Parrot mit Recht in die auf Schiffen allgemein übliche Sitte der ruckweisen Bewegung, und er machte daher eine solche Vorrichtung, dafs das Seil auf eine Trommel von 2 Fufs 2 Z. Länge und 2 Fufs Dicke aufgewunden wurde, wobei eine Rolle am Ende einer schräg über Bord hinausragenden Strebe das Seil beim Herablassen und Aufziehn unterstützte. Weil ferner die Last, welche das Seil zu tragen hat, mit der Länge des herabgelassenen Theiles wächst, so wurden für die ganze beabsichtigte Tiefe von 3000 Toisen drei an Dicke zunehmende Seile gewählt, diese vorher hinsichtlich ihrer Tragkraft geprüft[1]; dann untersuchte man, um wie viel sie sich durch das

1 Es fragt sich, ob nicht ein Eisendraht oder eine Kette, die

zu hebende Gewicht ausdehnen, prüfte ihre durchaus gleichmäfsige Stärke und nähte nach sorgfältiger Ausmessung von 10 zu 10 Toisen Nummern an, die sich für jedes 100 und 100 Toisen durch besondere Farben unterschieden. Indem noch obendrein Lenz die Resultate der ersten Versuche, bis er sich mit den Eigenthümlichkeiten des Verfahrens völlig vertraut gemacht hatte, nicht mittheilt, so verdienen die späteren von ihm bekannt gemachten vorzügliches Vertrauen.

Mit diesem Instrumente untersuchte Lenz nicht blofs die Temperatur des Meeres in verschiedenen Tiefen, sondern er bestimmte auch das spec. Gewicht des vermittelst desselben erhaltenen Wassers. Zwei hierzu verwandte Aräometer mit veränderlichen Gewichten gaben die Unterschiede des spec. Gewichts bis 0,00005 mit Sicherheit an, und sowohl diese Genauigkeit, als auch die Sorgfalt bei den sogleich nach dem Schöpfen des Wassers angestellten Wägungen geben den hierdurch erhaltenen Resultaten einen solchen Vorzug vor allen übrigen, dafs sie für sich allein als Grundlage allgemeiner Bestimmungen dienen können. Der Vollständigkeit wegen wird es aber zweckmäfsig seyn, eine Uebersicht der bedeutendsten anderweitigen Untersuchungen vorauszuschicken, um zu sehn, wie weit die dadurch erhaltenen Resultate von jenen abweichen. Es ist dieses um so nöthiger, da die von Lenz gemachten Wägungen auf die Zone von 56° 22′ N. B. bis 57° 27′ S. B. beschränkt sind.

18) Auf Cook's dritter Reise hat sein Begleiter Bayly[1] eine Menge Versuche über den Salzgehalt der verschiedenen Meere angestellt, wobei er sich eines durch Lord Cavendish construirten Apparates bediente. Berücksichtigt man die Fehlergrenze der erhaltenen Bestimmungen des specif. Gewichtes, so ist es nach den hierdurch erhaltenen Resultaten nicht wahrscheinlich, dafs ein Unterschied zwischen den Meeren der südlichen und nördlichen Erdhälfte statt finden sollte, dagegen scheint im atlantischen Oceane der Salzgehalt am stärksten,

---

man nach dem Gebrauche abwaschen und in Wasser mit etwas Kali gegen Rosten gesichert aufbewahren könnte, noch bessere Dienste leisten würde.

1 The original astron. observations made in the course of a voyage to the northern pacific Ocean. p. 345.

nach den Polen hin aber am geringsten zu seyn. Dafs mit Ausnahme eingeschlossener Meere der mögliche Unterschied bedeutend seyn sollte, ist schon an sich nicht wahrscheinlich; denn wenn gleich unter niederen Breiten die Verdunstung stärker ist, unter den höchsten aber eine grofse Menge süfsen Wassers zur Eisbildung verwandt wird, so sind dafür dort die Regenmengen um so viel gröfser, hier aber schmilzt das Eis wieder, dessen Menge auf jeden Fall nicht bedeutend über die vorhandene mittlere wächst, und zudem wird die ganze Masse des Meerwassers durch die zahllosen Strömungen so unausgesetzt durch einander gemischt, dafs blofs durch örtliche Einflüsse ein etwas merklicher Unterschied herbeigeführt werden kann. Inzwischen geht aus den zahlreichen Versuchen, die auf der Entdeckungsreise unter Kotzebue[1] angestellt wurden, allerdings hervor, dafs der Salzgehalt des Meeres in der heifsen Zone stärker ist, als unter höhern Breiten. V. Humboldt[2] hat geäufsert, dafs der Salzgehalt des Seewassers sogar einem Wechsel ausgesetzt sey, Marcet folgert jedoch aus den Untersuchungen von John Davy und Gay-Lussac, dafs das spec. Gewicht des Meerwassers im atlantischen und indischen Meere nur wenig und mehr durch zufällige Ursachen, als nach einem allgemeinen Gesetze, verschieden ist. Die ausführlichsten Untersuchungen des Seewassers hat Marcet[3] angestellt, allein Gilbert bemerkt mit Recht, dafs seine Resultate als minder genau gelten müssen, weil die Temperatur bei den Bestimmungen des spec. Gewichts nicht berücksichtigt worden ist. Wird aber angenommen, dafs seine eigenen Bestimmungen keinen hieraus entsprungenen merklichen Unterschieden unterliegen, so ist das Meerwasser auf der nördlichen Halbkugel und unter dem Aequator weniger salzreich, als auf der südlichen Halbkugel. Die Tiefe, selbst bis zu 3800 Fufs, bewirkt nach Phipps keinen Unterschied, jedoch ist der Salzgehalt bei tiefen Meeren, weit von den Küsten und in grofser Entfernung von den Eismassen, am gleichmäfsigsten; auch versteht sich von selbst, dafs

1 Dessen Reise Th. III. S. 233.

2 Reisen. D. Ueb. Th. I. S. 402.

3 A. a. O. Mit Anm. von Gilbert in dessen Ann. LXIII. 113. Im Auszuge in Edinb. Phil. Journ. No. IV. p. 356.

in der Nähe mächtiger Ströme, namentlich des Mississippi, Orinoco, Amazonenflusses und des Ganges, das Wasser bis auf weite Strecken süfser ist. Bei eingeschlossenen Meeren, auch wenn sie durch weite Canäle mit dem Ocean in Verbindung stehn, ist allerdings der Salzgehalt verschieden, wie namentlich bei der Ostsee, weniger bei dem schwarzen und weifsen Meere, dem Meere von Marmora und dem gelben Meere der Fall ist, die einen geringern Salzgehalt haben, statt dafs derselbe beim mittelländischen gröfser ist.

V. Horner[1] bediente sich zu seinen während der Krusenstern'schen Entdeckungsreise sogleich an Ort und Stelle gemachten und auf 10° R. reducirten Messungen eines Fahrenheit'schen Araeometers von Troughton und gelangte hierdurch zu folgenden allgemeinen Resultaten. 1) Ein anhaltender starker Regen vermindert den Salzgehalt mindestens auf der Oberfläche. 2) Verstärkte Verdunstung, z. B. durch ausgebreitete dichte Lagen von Seegewächsen bedingt, bewirkt eine Vermehrung des spec. Gewichtes. 3) Das Wasser der äquatorischen Zone ist salzreicher, als das unter höhern Breiten, und zwischen 50 und 60 Grad N. B. ist dasselbe salziger, als unter gleichen südlichen Breiten. 4) Das Wasser des atlantischen Meeres übertrifft an Salzgehalt das der Südsee. Dafs das Wasser der eingeschlossenen Meere minder salzig sey, als das des Oceans, fand er beim chinesischen, koräischen und ochotzkischen Meere bestätigt. John Davy[2] folgert zwar aus seinen Versuchen auf einer Reise von England nach Ceylon, dafs der Salzgehalt des Meeres überall gleich sey und nur durch heftige Regen auf einzelnen Strecken vermindert werde, allein aus der Uebersicht der von ihm angegebenen Bestimmungen geht unverkennbar ein Unterschied des spec. Gewichtes nach dem von v. Horner angegebenen Gesetze hervor. Gay-Lussac[3] erhielt von Lamarche verschiedene Proben Meerwasser, die von der Oberfläche zwischen 31° N.B. bis 24° S. B. im atlantischen Oceane geschöpft worden waren, und unter-

1 Krusenstern's Entdeckungsreise. Pet. 1812. Th. III. Daraus in G. LXIII. 159.

2 Philos. Trans. 1827. Daraus in G. LXIII. 183.

3 Ann. Chim. et Phys. T. VI. u. VII. Daraus in G. Ann. a. a. O. S. 202.

suchte diese gemeinschaftlich mit Despretz. Die erhaltenen Resultate zeigen einige Abweichungen von einander, woraus Gay-Lussac folgert, dafs unter etwa 10° N. B. ein Minimum des spec. Gewichts statt finde, welches unter 24° S. B. und 35° N. B. einander gleich sey; allein dieses stimmt mit allen übrigen Messungen nicht überein, und Gay-Lussac folgert daher aus einer Vergleichung mit vielen andern Bestimmungen, dafs der Salzgehalt aller zusammenhängenden grofsen Meere gleich sey; auch überzeugten ihn eigends deswegen angestellte Versuche, dafs selbst gesättigte Salzsolutionen in langen Röhren ruhig stehend unten nicht concentrirter werden, woraus dann folgt, dafs um so mehr bei dem nicht saturirten Seewasser die Tiefe keinen Einflufs auf die Dichtigkeit hat.

19) Der Salzgehalt des Meeres bedingt dessen specifisches Gewicht, welches der Menge der darin aufgelösten festen Bestandtheile proportional wächst. Im Mittel wird dasselbe von Meissner[1] = 1,026 angegeben, allein dieses ist zu gering, hauptsächlich wenn man es, wie billig, auf 0° C. reducirt. Soll dieses geschehn, so mufs das Gesetz der Ausdehnung durch Wärme für Seewasser bekannt seyn, welches ich jedoch mit hinlänglicher Genauigkeit aufgefunden zu haben glaube[2]. Hiernach sind die folgenden Bestimmungen auf 0° C, so weit die Angaben dieses erlaubten, reducirt.

Wenn man die ältern Wägungen des Meerwassers wegen nicht genügender Genauigkeit übergeht, so ist diejenige Reihe, welche Marcet[3] über das Wasser der verschiedensten Meere mitgetheilt hat, auf jeden Fall von gröfstem Umfange. Leider ist dabei die Temperatur nicht angegeben. Wenn man aber berücksichtigt, dafs die Abhandlung hierüber am 20sten Mai 1819 in der Kön. Soc. zu London vorgelesen wurde, die Wägungen daher im Winter in einem ohne Zweifel geheizten Zimmer gemacht worden sind, so dürfte eine Wärme von 18° C. von der Wahrheit nicht sehr entfernt liegen. Marcet bediente

1 Dessen Araeometrie. Wien 1816. fol. Th. II. S. 15.

2 G. W. Muncke über die Ausdehnung der tropfbaren Flüssigkeiten. In Mém. présentés à l'Acad. Imp. des sc. de St. Petersbourg. T. I. p. 62.

3 A. a. O.

sich eines etwas abgeänderten Homberg'schen Aräometers, und sofern demnach auch die Ausdehnung des reinen Wassers durch Wärme berücksichtigt werden muſs, so ist der Quotient aus dem Volumen des reinen Wassers in das des Seewassers, beide für 18° C., also 1,002587:001368 der geeignete Factor, um das spec. Gewicht des Seewassers bei 0° C. gegen reines Wasser im Puncte seiner gröſsten Dichtigkeit zu erhalten. Mit Weglassung derjenigen Bestimmungen, welche Marcet selbst wegen äuſserer Einflüsse als ungenügend bezeichnet, giebt folgende Tabelle die spec. Gewichte der verschiedenen Proben mit Hinzufügung der geographischen Bestimmung der Orte, wo sie erhalten wurden, der Tiefe, aus welcher das Wasser geschöpft worden ist, und der Seefahrer, die es mitgebracht haben. Die Längenbestimmung bezieht sich auf den Meridian von Greenwich.

1) Arktisches Polarmeer.

Breite.		Länge.	sp. Gew.	Tiefe.	Seefahrer.
66°	50′	68° 30′ W.	1,0268	80 Faden	Ross
74	50	59 30 —	1,0274	Oberfläche	Parry
75	14	4 49 O.	1,0285	736 Faden	Franklin
75	54	65 32 W.	1,0271	80 Faden	Ross
76	32	76 46 —	1,0274	80 Faden	Ross
76	33	76 46 —	1,0279	80 Faden	Parry
79	57	11 15 O.	1,0279	34 Faden	Franklin
80	26	10 30 —	1,0284	237 Faden	Franklin
80	28	10 20 —	1,0281	185 Faden	Franklin
80	29	11 — —	1,0281	305 Faden	Franklin

2) Nördliche Zonen.

63	49	55 38 W.	1,0279	80 Faden	Parry
59	40	14 46 —	1,0312	Oberfläche	Bas. Hall
53	45	0 20 —	1,0279	Oberfläche	Dr. Berger
48	25	6 34 —	1,0312	— —	Lushington
46	—	48 — —	1,0277	Oberfläche	Caldwell
45	20	45 10 —	1,0294	250 Faden	Caldwell
45	10	15 — —	1,0306	Oberfläche	Bas. Hall
25	30	32 30 —	1,0301	Oberfläche	Bas. Hall
10	50	24 26 W.	1,0295	Oberfläche	Schmidmeyer
7	—	80 — O.	1,0321	Oberfläche	Lushington
4	—	23 — W.	1,0290	Oberfläche	Schmidmeyer
3	28	81 4 O.	1,0314	Oberfläche	Lushington

3) Aequator.

0	0	25 30 W.	1,0295	Oberfläche	Schmidmeyer
0	0	23 0 —	1,0291	Oberfläche	Bas. Hall
0	0	83 0 O.	1,0293	Oberfläche	Bas. Hall
0	0	92 0 —	1,0282	Oberfläche	Bas. Hall

4) Südlicher Ocean.

Breite	Länge	spec.Gew.	Tiefe	Seefahrer.
8° 30′S.	32° 0′W.	1,0302	Oberfläche	SCHMIDMEYER
9 ——	35 — —	1,0305	Oberfläche	SCHMIDMEYER
11 30—	33 7 —	1,0310	Oberfläche	LUSHINGTON
21 —	0 —	1,0291	Oberfläche	BAS. HALL
23 30	73 0 O.	1,0295	Oberfläche	BAS. HALL
25 30	5 30 —	1,0333	Oberfläche	BAS. HALL
28 0	43 — —	1,0284	Oberfläche	BAS. HALL
35 10	21 — —	1,0287	Oberfläche	BAS. HALL

5) Gelbes Meer.

35 0N.	— —	1,0241	Oberfläche	BAS. HALL

6) Mittelländisches Meer.

36 0	5 — W.	1,0313	250 Faden	MACMICHAEL
36 0	5 — W.	1,0317	Oberfläche	MACMICHAEL

7) Meer von Marmora.

40 30	26 12 O.	1,0294	34 Faden	LISTON
40 30	26 12 —	1,0215	Oberfläche	LISTON
41 —	29 — —	1,0157	30 Faden	LISTON
41 —	29 — —	1,0145	Oberfläche	LISTON

8) Schwarzes Meer.

— —	— —	1,0154	Oberfläche	SAUTTER

9) Weifses Meer.

65 15	39 19 O.	1,0202	Oberfläche	SAUTTER

10) Ostsee.

56 —	15 — O.	1,0061	Oberfläche	PREVOST
56 —	12 40 —	1,0171	17 Faden	BERGER
57 39	— — —	1,0272	14 Faden	BERGER

Die einzelnen Bestimmungen weichen nicht unbeträchtlich von einander ab und mehr, als bei solchen Messungen der Fall zu seyn pflegt, insbesondere wenn man berücksichtigt, daſs die letzteren sämmtlich von einem und demselben Physiker gemacht wurden. Wollte man bloſsen Vermuthungen Raum geben, so lieſse sich denken, daſs das geschöpfte Wasser zuweilen etwas längere Zeit in offenen Gefäſsen stand, ehe es in die wohlverwahrten Flaschen gefüllt wurde, so daſs es durch Verdunstung etwas concentrirter werden konnte. Inzwischen geht aus dem arithmetischen Mittel dieser Bestimmungen so viel hervor, daſs das Wasser des nördlichen Polarmeeres am leichtesten ist und von hier an bis zum 30. Grade S. B. an spec. Gewichte zunimmt. Im Mittel nämlich ist das spec. Gewicht des Wassers aus dem nördlichen Polarmeere = 1,02776, bis zum Aequator = 1,02983, unter der Linie = 1,029025 und im südlichen Oceane = 1,03002. Eingeschlossene Meere weichen von dem allgemeinen Mittel bedeutend ab und bei einigen findet an den verschiedenen Stellen ein sehr merklicher Unterschied statt. Das Wasser des mittelländischen Meeres ist auf jeden Fall merklich schwerer, das des Meeres von Marmora wird leichter, je näher man der Strömung aus dem schwarzen Meere kommt, und das der Ostsee kommt bloſs an einigen nördlicher gelegenen Stellen dem Gewichte des Seewassers nahe.

20) Vorzüglich schätzbare Versuche zur Bestimmung des spec. Gewichts des Seewassers hat v. Horner auf der Krustenstern'schen Entdeckungsreise gemacht. Die erhaltenen Resultate sind schon deswegen um so viel zuverlässiger, weil die Wägungen mit dem frisch geschöpften Wasser vorgenommen wurden, nicht zu rechnen die angegebene groſse Feinheit des gebrauchten Aräometers und die bekannte Sorgfalt und Gewissenhaftigkeit des Experimentators. V. Horner reducirte die erhaltenen Werthe sämmtlich auf 10° R., indem er die Ausdehnung des Seewassers durch Wärme vermittelst seines Aräometers bestimmte, wobei es ihm nicht entging, daſs diese weit regelmäſsiger und (mindestens bei nicht hohen Temperaturen) ungleich gröſser ist, als bei reinem Wasser. Zur bessern Uebersicht habe ich indeſs die hiernach erhaltenen Bestimmungen auf gleiche Weise, als bei den eben mitgetheilten

geschehn ist, auf 0° C. für das Seewasser und auf den Punct der gröſsten Dichtigkeit des reinen Wassers reducirt.

Atlantisches Meer.

Breite	spec. Gew.	Monat
4°,0 N.	1,0288	Mai
25,5 —	1,0303	Juni
26,0 —	1,0303	—
28,0 —	1,0303	—
30,0 —	1,0298	—
39,0 —	1,0294	Juli
55,0 —	1,0282	—
60,5 —	1,0279	Febr.
40,0 S.	1,0301	—
44,0 —	1,0279	—

Atlantisches Meer.

Breite	spec. Gew.	Monat
48 S.	1,0272	Febr.
52 —	1,0259	—
58 —	1,0274	—

Südsee.

22 N.	1,0288	Juni
23 —	1,0282	—
31 —	1,0284	Sept.
32 —	1,0273	Octob.
32 —	1,0282	Nov.

Südsee.

Breite	spec. Gew.	Monat.
40° N.	1,0278	Octob.
46 —	1,0256	Octob.
48 —	1,0286	Sept.
50 —	1,0230	Octob.
51 —	1,0257	Juli
52 —	1,0254	Juli
3 S.	1,0287	Mai
8 —	1,0289	—
31 —	1,0282	April
32 —	1,0284	—

Südsee.

Breite	spec. Gew.	Monat
39° S.	1,0275	April
56 —	1,0261	März
56 —	1,0263	—
57 —	1,0266	—

Chinesisches Meer.

6 N.	1,0278	Febr.
10 —	1,0270	—
19 —	1,0281	—
22 —	1,0280	—

Ochotzkisches Meer.

53° N.	1,0220	Aug.
— —	1,0230	—
— —	1,0252	—
54 —	1,0254	—
— —	1,0259	—

Koraisch. Meer.

40° N.	1,0262	Mai
43 —	1,0266	—
— —	1,0256	—
46 —	1,0230	—
46 —	1,0240	—

Ostsee.

56 N.	1,0067	Aug.
60 —	1,0076	—

Auch diese Resultate zeigen gröfsere Unterschiede, als dafs sie für Beobachtungsfehler gelten könnten, und daher gewinnt die Vermuthung an Wahrscheinlichkeit, dafs das Meerwasser an verschiedenen Strecken oder zu verschiedenen Zeiten ein ungleiches specif. Gewicht habe. Auffallender noch sind die Ergebnisse von folgenden Betrachtungen. Alle Bestimmungen für den atlantischen Ocean geben im Mittel 1,02875, für die Südsee 1,02692, wonach also das Wasser des erstern Meeres salzreicher, als das des letztern wäre, eine Folgerung, die sich mit anderweitigen Thatsachen in Uebereinstimmung bringen läfst. Vergleichen wir bei beiden Oceanen, das chinesische Meer mit eingeschlossen, die nördliche und südliche Erdhälfte, so giebt das arithmetische Mittel für jene 1,02795 und für diese 1,02765, wonach also, im Widerspruche mit Marcet, der südliche Ocean weniger salzhaltig seyn würde. Letzteres Resultat ist das wahrscheinlichere, weil auf der Südhälfte der Erde im Ganzen die Eisbildung gröfser und die Verdunstung geringer ist. Endlich geht aus der Vergleichung noch so viel unverkennbar hervor, dafs der Salzgehalt im Allgemeinen unter niederen Breiten gröfser als unter höhern ist.

21) Die bereits erwähnten Bestimmungen von John Davy gehören sicher mit zu den genauesten. Das in einem reinen Eimer geschöpfte Wasser wurde entweder sogleich vermittelst eines dem Homberg'schen ähnlichen Aräometers gewogen, oder es wurde in Flaschen gefüllt, sorgfältig verschlossen und erst am Lande nach der Ankunft auf Ceylon untersucht, wo aufserdem die Schwankungen des Schiffes fehlten, die bei den ersten Wägungen der gröfseren Genauigkeit Abbruch thaten. Die mittlere Temperatur bei diesen Versuchen war 80° F. und deswegen hat John Davy auch die früher erhaltenen Resultate hierauf reducirt, was zwar nicht mit gehöriger Schärfe geschehn seyn kann, weil damals die Gesetze der Ausdehnung beider Flüssigkeiten noch nicht genügend bekannt waren; inzwischen wurden bei weitem die meisten Bestimmungen später am Lande bei der angegebenen Temperatur erhalten, und so können also die aus ungleicher Wärme entspringenden Fehler nicht grofs seyn, wenn man alle auf die oben angegebene Weise auf 0° C. des Seewassers und auf den Punct

der gröfsten Dichtigkeit des süfsen Wassers reducirt. Dieses giebt dann folgende Werthe.

Breite	Länge W.	spec. Gew.	Breite	Länge W.	spec. Gew.
48° 28′ N.	10° 20′	1,0264	4° 9′ N.	19° 15′	1,0291
47 53 —	10 28	1,0277	4 2 —	18 44	1,0288
46 28 —	13 50	1,0270	4 0 —	18 30	1,0284
42 54 —	15 47	1,0270	2 58 —	18 44	1,0284
40 48 —	16 34	1,0270	1 20 —	21 10	1,0277
37 5 —	21 35	1,0270	0 12 S.	21 50	1,0277
34 54 —	22 15	1,0284	1 28 —	22 20	1,0277
33 14 —	21 59	1,0277	10 30 —	24 25	1,0276
31 58 —	22 24	1,0274	22 36 —	26 30	1,0277
28 25 —	23 5	1,0274	30 25 —	20 0	1,0270
26 36 —	23 15	1,0287	34 25 —	3 20.	1,0267
19 1 —	22 47	1,0270	34 45 —	5 31	1,0264
16 47 —	22 37	1,0280	34 1 —	17 51	1,0273
15 4 —	21 26	1,0290	34 1 —	17 51	1,0264
12 56 —	20 20	1,0288	35 57 —	24 0	1,0267
9 42 —	19 20	1,0290	32 4 —	58 18	1,0274
8 23 —	19 16	1,0291	21 45 —	65 25	1,0273
57 —	19 10	1,0291	1 40 —	63 35	1,0267

Die Unterschiede der einzelnen Bestimmungen sind bei weitem kleiner bei dieser Reihe, als bei den beiden vorher mitgetheilten, und es gehn unverkennbar die beiden durch v. Horner gleichfalls aufgefundenen Gesetze daraus hervor, nämlich dafs der Salzgehalt des Meeres unter niedern Breiten zunimmt und auf der nördlichen Erdhälfte gröfser ist, als auf der südlichen. Das arithmetische Mittel für die erstere ist = 1,02801 und für die letztere = 1,02712, im Ganzen also = 1,027265, mithin geringer, als das durch Marcet und v. Horner gefundene.

22) Die Wägungen, welche unter der Aufsicht von Gay-Lussac durch Despretz mit Seewasser vorgenommen wurden, welches diese Gelehrten von Lamarche in wohlverkorkten und verpichten Flaschen erhielten, die derselbe auf seiner Rückreise von Rio Janeiro nach Frankreich in verschiedenen Gegenden gefüllt hatte, gehören unstreitig zu den genauesten, um so mehr, als sie nach Homberg's Methode stets bei 8° C. gemacht wurden und sich daher genau auf

die Normaltemperatur durch das oben angegebene Verfahren reduciren lassen. Wir erhalten hiernach folgende Werthe.

Breite	Länge W.	spec.Gew.	Breite	Länge W.	spec.Gew.
35° 0′ N.	17° 0′	1,0297	5° 2′ S.	22° 36′	1,0296
31 50 —	23 53	1,0301	8 1 —	5 16	1,0293
21 0 —	28 25	1,0295	12 59 —	26 56	1,0301
9 59 —	19 50	1,0278	15 3 —	24 8	1,0291
6 0 —	19 55	1,0284	17 1 —	28 4	1,0297
3 2 —	21 20	1,0281	20 21 —	37 5	1,0304
0 0 —	23 0	1,0290	23 55 —	43 4	1,0300

Das Mittel aus den Wägungen des Wassers der südlichen Erdhälfte giebt 1,02974 und der nördlichen 1,02894, was mit den durch J. Davy und v. Horner gefundenen Resultaten nicht übereinstimmt, auch folgt aus ihnen keine Zunahme des Gewichts unter niederen Breiten. Gay-Lussac findet den Unterschied der einzelnen gefundenen Werthe gröſser, als er bei der angewandten Sorgfalt erwartete, und da das Nämliche bei allen drei Reihen wiederkehrt, so müſste man hiernach annehmen, daſs der Salzgehalt des Meeres sich an einzelnen Strecken zuweilen ändert.

23) Bei Gelegenheit der englischen Nordpol-Expedition im Jahre 1818 stellte Fischer[1] viele Wägungen an, um das spec. Gewicht des Meerwassers auszumitteln, wozu er sich einer vortrefflichen hydrostatischen Waage von Newman bediente. Die Temperatur des Wassers bei den Wägungen selbst ist nicht angegeben, die Resultate lassen sich daher nicht reduciren, allein dieses wird auch überflüssig, da sie nichts weiter zu beweisen vermögen, als daſs das zwischen dem Eise von der Oberfläche geschöpfte Wasser an specifischem Gewichte hinter dem unter niedrigern Breiten weit zurückbleibt. Das geringste Gewicht des Wassers von der Oberfläche war 1,0086, als dasselbe etwas unter den Gefrierpunct erkaltet war, woraus man schlieſsen könnte, daſs die Ausscheidung des Salzes dann schon begonnen habe. Das Wasser aus 40 Faden Tiefe war von 1,0275 spec. Gewicht, die Zunahme des Salzgehaltes war dann der wachsenden Tiefe zwar nicht direct proportional, stieg aber doch bis 1,0282 bei

1 G. LXIII. 262.

304 Faden Tiefe. Interessant sind jedoch die mittlern Resultate der Wägungen, welche Fischer auf der Hinreise und der Rückfahrt mit dem Wasser anstellte, welches unter den verschiedenen Breiten von der Oberfläche geschöpft wurde, woraus dann die Abnahme des Salzgehaltes unter höhern Breiten unverkennbar hervorgeht.

Breite	spec.Gew.	Breite	spec.Gew.
60° bis 61°	1,0276	71° bis 72°	1,0276
61 — 62	1,0276	72 — 73	1,0276
62 — 63	1,0275	73 — 74	1,0277
63 — 64	1,0276	74 — 75	1,0275
64 — 65	1,0275	75 — 76	1,0275
65 — 66	1,0275	76 — 77	1,0274
66 — 67	1,0275	77 — 78	1,0273
67 — 68	1,0274	78 — 79	1,0272
68 — 69	1,0275	79 — 80	1,0267
69 — 70	1,0275	80 — 81	1,0267
70 — 71	1,0275	81	1,0058

24) Eine sehr schätzbare Reihe von Wägungen des Seewassers ist auf v. Kotzebue's erster Reise angestellt und durch v. Chamisso [1] mitgetheilt worden. Das Wasser wurde stets von der Oberfläche genommen und die Temperatur desselben ist zugleich mit angegeben, allein blofs diejenige, die unmittelbar nach dem Schöpfen gemessen worden war, so dafs sie bei der Bestimmung des specif. Gewichtes ungewifs bleibt und somit keine Reduction angewandt werden kann. Diese würde jedoch nur die unter niedern Breiten gefundenen spec. Gewichte noch mehr erhöhen, die ohnehin so grofs sind, dafs man sie für corrigirt zu halten geneigt seyn sollte. Sämmtliche Bestimmungen sind nach den Breiten, den Längen und den Jahreszeiten geordnet, aufserdem fallen die meisten in das Jahr 1816, viele in 1817 und einige in 1818; die einzelnen weichen von einander nicht unmerklich ab, der auffallendste Unterschied zeigt sich jedoch rücksichtlich der ungleichen Breiten. Da es zu viel Raum erfordern würde, sie in ihrer ganzen Ausdehnung hier aufzunehmen, so beschränke ich mich

1 Entdeckungsreise in die Südsee und nach der Behringsstrafse u. s. w. unter A. v. Kotzebue. Weim. 1821. Bd. III. S. 221.

auf die arithmetischen Mittel aus den zu verschiedenen Zeiten und unter ungleichen Längengraden erhaltenen Werthen, die ich nach den Graden der Breite zusammenstelle.

Breite	sp. Gew.	Breite	sp. Gew.	Breite	sp. Gew.
65° N.	1,02375	30° N.	1,02835	5° S.	1,02850
60 —	1,02410	25 —	1,02882	10 —	1,02855
55 —	1,02462	20 —	1,02885	15 —	1,02905
50 —	1,02480	15 —	1,02866	20 —	1,02960
45 —	1,02585	10 —	1,02848	25 —	1,02915
40 —	1,02700	5 —	1,02850	30 —	1,02985
35 —	1,02780	0 —	1,02850	35 —	1,02835

Aus dieser Uebersicht geht unverkennbar hervor, dafs das spec. Gewicht des Seewassers unter niederen Breiten gröfser ist, als unter höhern, und auf der Südhälfte der Erde gröfser, als auf der nördlichen Hemisphäre. Die erste dieser Folgerungen stimmt mit andern Beobachtungen überein, die letztere steht mit einigen der genauesten im Widerspruche und wird durch die demnächst folgenden Bestimmungen von Lenz entscheidend widerlegt. Aufserdem aber stimmen die unter höhern nördlichen Breiten gefundenen spec. Gewichte mit den Resultaten anderer Messungen durchaus nicht überein, sie sind so auffallend geringe, dafs man nothwendig auf Beobachtungsfehler schliefsen mufs, deren Verbesserung jedoch unnöthig ist, da es anderweitige Bestimmungen zur Genüge giebt, die den Sachverhalt aufser Zweifel stellen.

25) Scoresby[1] glaubt, dafs an einzelnen Stellen specielle Ursachen, namentlich das Einfallen mächtiger Flüsse, den Salzgehalt des Meerwassers ändern können, dafs dagegen aber die steten Bewegungen durch Strömungen und Stürme eine überall gleiche oder wenig verschiedene Beschaffenheit desselben bewirken. Für das gröfste beobachtete spec. Gewicht hält er das, was Lamarche[2] unter 20° 21′ S. B. und 33° 35′ W. L. v. G. = 1,0297 fand, und für das geringste dasjenige, was er selbst unter 78° N. B. und 7° östl. L. = 1,0259 bestimmte; eingeschlossene Meere machen jedoch hiervon eine Ausnahme, wie denn namentlich Ross das Wasser der Baffinsbay nur

1 Account of the arctic Regions. T. I. p. 171.
2 Ann. of Philos. T. XII. p. 82.

= 1,020 fand, das der Ostsee[1] nach genauen Messungen nur = 1,014 beträgt und das des mittelländischen Meeres specifisch schwerer ist, als das des Oceans[2]. Unter 62 Wägungen, welche SCORESBY im grönländischen Meere von 57° 22′ bis 79° 4′ N. B. mit Seewasser vorgenommen hat, wovon einige Proben selbst in der Nähe von Eis geschöpft waren, ist das geringste auf die angegebene Weise reducirte Resultat = 1,0246 und das gröfste = 1,0295, beide unter 57° N. B. erhalten, das Mittel aus allen aber ist 1,02809. Hiermit stimmen auch die Resultate der Wägungen überein, welche ANDREW FYFE[3] mit 16 Proben Seewasser vornahm, die er von SCORESBY und ROSS aus 62° bis 78°,5 N. B. erhalten hatte, wonach das geringste reducirte Gewicht = 1,0266, das gröfste aber = 1,0286, das Mittel aus allen aber = 1,02797 ist.

26) Die bereits mehrmals erwähnten Bestimmungen des specifischen Gewichts des Seewassers, welche LENZ auf der letzten Entdeckungsreise des Capitains v. KOTZEBUE gemacht hat, entscheiden zuerst die oft aufgeworfene Frage über den mit der Tiefe zunehmenden Salzgehalt. Hierzu war blofs erforderlich, das spec. Gewicht des Wassers von der Oberfläche und des aus der Tiefe mit dem Bathometer heraufgebrachten bei gleichen Temperaturen auszumitteln und beide mit einander zu vergleichen. Dieses geschah auf sieben Stationen und gab folgende Resultate.

---

1 Ann. of Philos. T. VII. p. 42.
2 Ebend. T. IV. p. 206.
3 Edinb. phil. Journ. No. I. p. 160.

Breite	Länge	Tiefe in T.	spec. Gew.	Differenz
7° 20' N.	21° 59' W.	0	1,02574	
		539	1,02644	— 0,00070
21 14 —	196 1 —	0	1,02701	
		665,1	1,02666	+ 0,00035
		929,4	1,02659	+ 0,00042
25 6 —	156 58 —	0	1,02706	
		167	1,02674	+ 0,00032
41 12 —	141 58 —	0	1,02562	
		205	1,02609	— 0,00047
		512,1	1,02658	— 0,00096
32 6 —	136 48 —	0	1,02678	
		214	1,02624	+ 0,00054
		450,2	1,02651	+ 0,00027
		592,6	1,02629	+ 0,00049
32 20 —	42 30 —	0	1,02825	
		1014,8	1,02714	+ 0,00111
45 53 —	15 17 —	0	1,02738	
		396,4	1,02732	+ 0,00006

Aus dieser Zusammenstellung folgt, dafs der Salzgehalt des Meeres vom Aequator bis zu 45° N. B. in allen Tiefen gleich ist, denn die Unterschiede sind einander entgegengesetzt und die meisten sind so, dafs sie eher eine mit der Tiefe abnehmende Salzigkeit anzeigen.

Ueber das spec. Gewicht des von der Oberfläche geschöpften Wassers hat Lenz im Ganzen 276 Bestimmungen mitgetheilt, und da diese vorzugsweise dazu dienen können, die Frage über den Salzgehalt des Seewassers definitiv zu beantworten, so gestattet ihre allgemeine Wichtigkeit keine Weglassungen. Um jedoch möglichst in die Kürze zu ziehn, habe ich von denen, bei welchen der Unterschied der Breite und Länge nicht mehr als 30 Minuten beträgt, das arithmetische Mittel genommen. Lenz hat alle seine Messungen auf 14° R. reducirt; um sie aber mit den bisher mitgetheilten Bestimmungen anderer Gelehrten besser vergleichen zu können, habe ich sie durch Multiplication mit dem Quotienten $\frac{1{,}002477}{1{,}001280}$, wovon der Zähler dem Volumen des Seewassers, der Nenner aber dem des reinen Wassers bei 14° R. nach meinen Versuchen angehört, auf 0° C. des Seewassers gegen destillirtes Wasser im Puncte seiner gröfsten Dichtigkeit reducirt.

1) Atlantischer Ocean.

Breite	Länge w. v. G.	spec. Gew.	Breite	Länge w. v. G.	spec. Gew.
50°25′ N.	2° 39′	1,0278	13°15′ N.	35°23′	1,0281
50 16 —	3 18	1,0281	11 29 —	24 25	1,0282
50 10 —	5 4	1,0284	11 22 —	33 48	1,0289
49 30 —	6 14	1,0285	9 45 —	22 59	1,0282
48 54 —	5 57	1,0278	7 25 —	21 55	1,0271
48 10 —	11 57	1,0286	6 12 —	21 10	1,0272
47 48 —	7 36	1,0284	6 8 —	28 41	1,0288
47 19 —	15 54	1,0289	5 30 —	21 00	1,0277
47 10 —	8 33	1,0276	5 1 —	18 44	1,0271
45 53 —	15 17	1,0287	4 36 —	25 24	1,0285
45 31 —	16 22	1,0288	3 20 —	20 45	1,0278
45 1 —	17 16	1,0286	3 22 —	23 30	1,0280
44 0 —	18 39	1,0289	2 3 —	22 46	1,0282
43 17 —	24 8	1,0289	1 55 —	23 10	1,0277
43 3 —	11 35	1,0282	0 00 —	24 16	1,0285
42 40 —	30 31	1,0290	1 25 S.	26 10	1,0285
41 6 —	34 15	1,0289	2 20 —	22 18	1,0285
41 2 —	12 38	1,0286	4 7 —	28 00	1,0287
40 2 —	12 38	1,0288	6 51 —	29 19	1,0288
39 53 —	36 37	1,0291	8 4 —	16 19	1,0287
38 3 —	36 57	1,0290	9 36 —	31 00	1,0289
38 0 —	13 20	1,0290	11 12 —	12 33	1,0292
36 43 —	37 17	1,0290	14 16 —	34 14	1,0294
36 20 —	14 6	1,0292	14 18 —	8 7	1,0290
35 20 —	40 2	1,0292	15 58 —	5 49	1,0292
33 9 —	14 53	1,0289	16 15 —	34 58	1,0295
32 20 —	42 30	1,0293	18 5 —	2 44	1,0290
31 50 —	42 15	1,0294	18 29 —	35 56	1,0295
30 55 —	15 19	1,0291	20 11 —	37 33	1,0295
28 13 —	16 14	1,0289	21 29 —	357 49	1,0290
27 7 —	41 45	1,0296	22 21 —	39 28	1,0295
25 39 —	17 45	1,0291	24 49 —	350 30	1,0282
24 10 —	41 48	1,0295	26 45 —	350 30	1,0284
23 52 —	19 48	1,0288	26 55 —	44 5	1,0289
22 24 —	21 23	1,0288	28 46 —	347 29	1,0283
21 45 —	40 33	1,0297	29 21 —	45 16	1,0285
21 0 —	23 18	1,0289	30 34 —	345 13	1,0283
19 22 —	39 13	1,0297	31 12 —	46 25	1,0290
19 1 —	25 5	1,0290	31 49 —	343 36	1,0278
17 16 —	37 57	1,0293	32 37 —	47 19	1,0289
16 23 —	26 27	1,0288	33 31 —	49 22	1,0288
15 11 —	36 41	1,0282	34 3 —	342 31	1,0282
13 38 —	25 41	1,0289	35 00 —	51 6	1,0280

Breite	Länge w. v. G.	spec. Gew.	Breite	Länge w. v. G.	spec. Gew.
37° 24′ S.	52° 31′	1,0267	48° 54′ S.	63° 14′	1,0269
40 41 —	52 20	1,0286	50 18 —	63 24	1,0269
43 45 —	55 32	1,0275	53 27 —	63 58	1,0272
44 2 —	56 34	1,0276	54 6 —	64 15	1,0269
44 49 —	48 9	1,0275	54 49 —	63 5	1,0265
44 15 —	60 33	1,0268	55 59 —	66 7	1,0267
48 7 —	63 15	1,0269	56 41 —	68 19	1,0270

Südsee.

Breite	Länge w. v. G.	spec. Gew.	Breite	Länge w. v. G.	spec. Gew.
56° 22′ N.	138° 1′	1,0257	25° 6′ N.	156° 58′	1,0282
55 11 —	139 13	1,0261	24 49 —	142 15	1,0284
53 52 —	144 58	1,0262	23 41 —	156 40	1,0283
52 55 —	148 10	1,0263	23 33 —	196 25	1,0284
52 7 —	151 10	1,0261	23 27 —	146 58	1,0283
51 32 —	138 57	1,0265	23 12 —	134 27	1,0279
51 8 —	154 36	1,0262	23 5 —	157 53	1,0283
50 25 —	192 26	1,0262	21 59 —	151 1	1,0286
50 2 —	187 16	1,0265	21 30 —	196 0	1,0283
49 36 —	180 45	1,0261	21 16 —	156 9	1,0281
49 22 —	199 42	1,0263	21 5 —	153 42	1,0281
48 9 —	139 29	1,0266	20 13 —	234 28	1,0282
47 33 —	199 29	1,0265	20 13 —	150 35	1,0281
46 42 —	200 14	1,0265	19 57 —	228 59	1,0282
46 9 —	140 32	1,0266	19 47 —	147 6	1,0279
44 15 —	140 28	1,0266	19 29 —	195 36	1,0283
41 52 —	200 52	1,0272	18 59 —	195 2	1,0284
41 20 —	141 50	1,0269	18 36 —	161 13	1,0281
40 42 —	142 41	1,0269	18 12 —	239 44	1,0275
39 46 —	142 40	1,0268	17 8 —	194 5	1,0281
37 30 —	140 47	1,0276	16 44 —	163 50	1,0283
37 2 —	202 0	1,0280	16 28 —	240 33	1,0272
35 22 —	139 19	1,0278	15 23 —	127 22	1,0283
34 15 —	201 2	1,0279	15 10 —	193 21	1,0280
33 5 —	201 4	1,0278	14 32 —	169 38	1,0283
32 53 —	137 48	1,0280	13 3 —	192 35	1,0279
31 17 —	137 5	1,0281	12 6 —	181 18	1,0282
29 34 —	156 0	1,0281	11 35 —	196 0	1,0279
28 54 —	137 57	1,0283	11 19 —	186 5	1,0282
27 53 —	128 17	1,0275	11 11 —	189 56	1,0277
27 52 —	156 34	1,0281	10 2 —	191 3	1,0279
27 6 —	138 47	1,0281	8 22 —	186 52	1,0287
25 30 —	130 46	1,0287	1 1 —	180 26	1,0284

Breite	Länge w. v. G.	spec. Gew.	Breite	Länge w. v. G.	spec. Gew.
1° 28′ S.	178° 52′	1,0284	18° 55′ S.	99° 53′	1,0289
2 50 —	177 55	1,0283	19 17 —	97 8	1,0289
4 39 —	177 29	1,0285	19 41 —	94 9	1,0288
8 2 —	175 33	1,0281	21 35 —	88 41	1,0280
9 59 —	175 6	1,0278	22 18 —	86 39	1,0282
11 24 —	174 14	1,0276	23 49 —	84 49	1,0281
13 19 —	172 54	1,0280	25 3 —	83 24	1,0281
14 15 —	170 50	1,0282	27 31 —	79 48	1,0277
14 30 —	168 1	1,0279	29 43 —	77 38	1,0274
14 32 —	143 55	1,0287	32 36 —	74 59	0,0281
14 57 —	165 46	1,0283	37 55 —	74 28	0,0277
15 6 —	161 55	1,0283	43 6 —	78 14	0,0269
15 16 —	159 41	1,0287	44 47 —	78 22	0,0267
15 42 —	146 14	1,0284	48 54 —	63 14	0,0269
15 55 —	140 0	1,0288	49 6 —	80 23	0,0270
16 5 —	135 0	1,0289	50 18 —	63 24	0,0269
16 21 —	131 52	1,0290	53 27 —	63 58	0,0272
16 50 —	124 15	1,0290	54 6 —	64 15	0,0269
16 55 —	148 52	1,0286	54 17 —	80 57	0,0272
17 13 —	119 6	1,0292	54 49 —	63 5	0,0265
17 25 —	116 15	1,0291	55 59 —	66 7	0,0267
17 35 —	113 34	1,0289	56 2 —	66 41	0,0267
18 24 —	105 9	1,0290	56 41 —	68 19	0,0270
18 41 —	102 34	1,0289	57 27 —	70 47	0,0273

Indisches Meer.

Breite	Länge w. v. G.	spec. Gew.	Breite	Länge w. v. G.	spec. Gew.
13° 29′ N.	244° 17′	1,0271	20° 45′ S.	284° 59′	1,0278
13 0 —	246 47	1,0273	22 2 —	288 25	1,0279
9 17 —	251 20	1,0273	22 39 —	291 31	1,0279
5 12 —	254 50	1,0272	23 33 —	294 26	1,0278
2 42 —	255 22	1,0268	24 33 —	298 18	1,0278
6 58 S.	255 26	1,0266	25 4 —	301 9	1,0279
9 15 —	256 4	1,0267	26 55 —	306 22	1,0279
12 13 —	256 9	1,0267	28 26 —	312 49	1,0280
12 29 —	257 59	1,0278	28 48 —	315 2	1,0279
13 19 —	259 56	1,0273	30 5 —	320 4	1,0280
14 6 —	266 48	1,0272	31 24 —	322 46	1,0282
14 36 —	265 5	1,0272	34 2 —	327 9	1,0280
14 55 —	269 46	1,0274	33 58 —	330 34	1,0282
16 24 —	273 5	1,0274	34 7 —	332 18	1,0282
18 23 —	278 5	1,0275	35 10 —	335 28	1,0280
19 43 —	281 35	1,0278	35 21 —	339 17	1,0283

Einen nur kleinen, aber durch die begleitenden Umstände interessanten Beitrag zu den Bestimmungen des spec. Gewichtes des Seewassers hat der berühmte Capitain Ross[1] geliefert. Eine durch einen Glasstöpsel verschlossene Flasche mit Wasser brachte er aus der Spence-Bay von der Landenge bei Boothia Felix mit und dieses zeigte nachher ein spec. Gewicht = 1,011 bei 64° F. (17°,8 C.); eine Pinte desselben enthielt 8,7 Grains salzsaure Magnesia, 8,26 schwefelsaure Magnesia, 9,25 Kochsalz und 7,47 schwefelsauren Kalk. Eine Salzlake, die er in einem Ochsenschädel fand, wo sie wahrscheinlich durch das Gefrieren concentrirt war, und die bei — 18° C. noch flüssig blieb, hatte ein spec. Gewicht von 1,171 bei eben jener Temperatur.

27) Die bisher in großer Ausführlichkeit mitgetheilten Thatsachen führen zu Resultaten, welche sehr genau mit theoretischen Folgerungen übereinstimmen.

a) Wenn gleich einige Messungen des spec. Gewichtes auf einen größern Salzgehalt in der Tiefe schließen lassen, so darf man doch bloß annehmen, daß dort die Salzigkeit regelmäßiger und nicht von zufälligen Bedingungen abhängig ist, wie zuweilen an der Oberfläche. Uebrigens ist eine mit der Tiefe zunehmende Dichtigkeit des Meerwassers nicht einmal wahrscheinlich, weil nach den Versuchen von Gay-Lussac[2] selbst gesättigtes Salzwasser in langen Röhren ruhig stehend nicht ungleich dicht wird, die Bewegungen des Meeres aber sich vermuthlich ganz bis auf den Grund desselben erstrecken. Bloß specielle Bedingungen, als anhaltender Einfluß trockner Winde, starke Regen, Bildung und Schmelzung großer Eismassen und das Herzuströmen großer Mengen süßen Wassers, können einen merklichen Unterschied zwischen dem Salzgehalte der Oberfläche und der Tiefe herbeiführen. Die Wahrnehmungen von Marsigli und Wilke, daß im Meere von Marmora das Wasser der Tiefe viel salzreicher als das an der Oberfläche sey, was durch Marcet's Untersuchungen bestätigt wird, erklären sich leicht aus den Strömungen des leichtern Wassers aus dem schwarzen Meere und kön-

1 Narrative of a Second Voyage cet. Lond. 1835. 4. Append. CXI.

2 Ann. Chim. Phys. T. VI. u. VII. G. LXIII. 202.

nen keine allgemeine Regel begründen. Ebenso haben alle genaue Beobachter über 100 Seemeilen weit von den Mündungen sehr großser Ströme, namentlich des Ganges, Plata, Orinoco und Amazonenflusses, einen geringern Salzgehalt des Meeres gefunden.

b) Die Verdunstung, die Hydrometeore und die Eisbildung haben auf den Salzgehalt des Meeres einen merklichen Einfluſs. Die Verdunstung ist unter dem Aequator am stärksten, und obgleich dort auch die Regenmengen am gröſsten sind, so darf man es doch wohl als ausgemacht ansehn, daſs eine bedeutende Menge des unter der Linie aufsteigenden Wasserdampfes nach beiden Seiten hin abgeführt wird. Dagegen aber ist eben dort die Verdunstung der herrschenden Windstillen wegen ohne Zweifel geringer, als in den Regionen der Passate. Durch die Eisbildung endlich wird Salz ausgeschieden und unter die übrige Wassermenge vertheilt, so daſs das aus dem schmelzenden Eise erhaltene süſse Wasser eine, wenn auch nur unbedeutende, Verminderung des Salzgehaltes herbeiführt. Der Salzgehalt des Meeres muſs also unter höhern Breiten bis dahin etwas geringer seyn, wohin durch schmelzende Eisberge groſse Massen süſsen Wassers geführt werden.

c) Diese Folgerung geht übereinstimmend aus den Messungen der verschiedenen Beobachter hervor, Lenz aber hat durch die Genauigkeit seiner Wägungen eine Modification derselben aufgefunden. Nach den angegebenen Gründen müſste nämlich das Maximum des spec. Gewichtes des Seewassers unter dem Aequator gefunden werden, es ergiebt sich jedoch, daſs dasselbe unter etwa 20° N. B. und 40° westl. Länge angetroffen wird. Von hier an nimmt der Salzgehalt wieder ab, erreicht unter etwa 6° N. B. und 21° westl. Länge sein Minimum und geht dann in der südlichen Halbkugel wieder zu einem Maximum über, welches man unter 19° S. B. und 36° westl. Länge setzen kann. In der Südsee zeigen sich gleichfalls zwei Maxima unter 25° N. B. und 130° westl. Länge und ein weit stärkeres unter 17° südl. B. und 119° westl. Länge. Lenz leitet diese Anomalie sehr sachgemäſs von der Einwirkung der Passatwinde her, die gerade unter der Linie weit schwächer sind, wo die Windstillen die Schiffer nicht selten in groſse Verlegenheit setzen, statt daſs gegen die Grenzen der

gemäfsigten Zonen ein steter frischer Wind die Verdunstung ausnehmend befördert. In der Südsee ist eigentlich kein nördliches Maximum vorhanden, das südliche dagegen ergiebt sich um so auffallender. Die Ursache hiervon liegt vielleicht darin, dafs die hohen americanischen Berge die durch den Ostwind fortgetriebene Feuchtigkeit auffangen. Auf gleiche Weise ist das nördliche Maximum im atlantischen Meere aus dem Einflusse der trockenen Winde, die über die Ebene Africa's wehn, leicht erklärbar.

d) Ein gröfserer Salzgehalt einer der beiden Hemisphären scheint sich nicht herauszustellen; dagegen ist der atlantische Ocean am salzreichsten, weniger die Südsee, das indische Meer aber nimmt an Salzigkeit zu, je mehr es sich dem atlantischen Ocean nähert. Dieses geht schon aus den älteren Messungen hervor, ganz unverkennbar aber aus den durch Lenz angestellten, aus denen noch weiter folgt, dafs im atlantischen Meere in Folge der anhaltenden Verdunstung der Salzgehalt nach Westen hin wächst. Für die Südsee läfst sich ein solcher Unterschied aus den Messungen nicht auffinden.

Wollte man die Grenzen aufsuchen, zwischen denen sich das spec. Gewicht des Seewassers hält, so ist dieses nicht ganz leicht, weil die Maxima und Minima durch specielle Einflüsse bedingt seyn können. Inzwischen ist nicht wahrscheinlich, dafs das spec. Gewicht des Seewassers unter höhern Breiten, wenn nicht besondere Ursachen einwirken, unter 1,0265 her abgeht, und so wird auch das Maximum 1,0295 wohl nicht übersteigen, die Temperatur des Seewassers bei 0° C. und des reinen Wassers im Puncte seiner gröfsten Dichtigkeit genommen.

28) Die Salze, denen das Seewasser sein gröfseres spec. Gewicht und seinen salzig bittern Geschmack verdankt, sind durch viele Analysen aufgefunden. Die Operationen, wodurch jene rücksichtlich des Qualitativen und Quantitativen bestimmt werden, sind rein chemisch und liegen also aufser den Grenzen unserer Untersuchungen. Es möge daher genügen zu bemerken, dafs nach einem oberflächlichen Verfahren das Seewasser so lange der Hitze ausgesetzt wird, bis das reine Wasser durch Verdunstung weggeschafft worden ist und der wägbare

Rückstand das Verhältnifs der Menge vorhandener fester Substanzen zur Quantität des Wassers abgiebt.

Die älteren, wenn nicht Analysen, doch Bestimmungen des Salzgehaltes des Seewassers haben kaum noch historisches Interesse. Dahin gehören die unbestimmten Angaben von Marsigli und andern, wonach das Wasser des mittelländischen Meeres in einem Pfunde 1 Lt., 2 Lt., 3 und sogar 4 Lt. feste Bestandtheile enthalten soll. Bergmann[1] hat sich mit diesen Untersuchungen viel beschäftigt und in einer schwedischen Kanne 2 Unzen 432 Gr. Kochsalz, 380 Gran Bittersalz und 45 Gr. Gyps gefunden. Genauere Bestimmungen gaben die Analysen von Vogel[2]. Nach diesem enthalten 1000 Gran bis zur Trockne abgerauchtes Seewasser an festen Bestandtheilen

Aus dem	Kohlens. Gas	Salzs. Bittererde	Schwefels. Kalk	Kohlens. Kalk u. Bittererde	Schwefels. Bittererde	Salzsaures Natron
Canal 36	0,23	3,50	0,15	0,20	5,78	25,10
Atl. Meer 38	0,23	3,50	0,15	0,20	5,78	25,10
Mittelländ. Meer 41	0,11	5,25	0,15	0,15	6,25	25,10

Seewasser von der englischen Küste gab in 100 Theilen

Salzsaures Natron	2,490	3,125.
Salzsaure Bittererde	0,354	
Schwefelsaure Bittererde	0,081	
Schwefelsaures Natron	0,103	
Schwefelsauren Kalk	0,097	

Lavoisier's[3] Analysen geben nur im Allgemeinen die Bestandtheile an, nämlich in dem bei Dieppe geschöpften Seewasser in 40 Pfunden: 8 Unz. 6 Qt. Kochsalz, 4 Qt. 26 Gr.

1 De aqua pelagica. In Opusc. T. I. p. 179.

2 Schweigg. Journ. T. VIII. S. 357. Vergl. Ann. de Chim. T. VI. p. 63.

3 Physisch-chemische Schriften. A. d. Fr. von Weigel. Th. II. S. 143.

Bittersalz, 1 Unz. 5 Qt. 10 Gr. zerfliefsbares Kochsalz mit Kalk und 1 Unze zerfliefsbares Kochsalz mit Bittersalz. Nach MURRAY[1] machen salzsaures Natron, salzsaure Magnesia, salzsaurer Kalk und schwefelsaures Natron die festen Bestandtheile des Meerwassers aus. Mit weit gröfserer Genauigkeit hat MARCET[2] nicht etwa alle durch ihr ungleiches Gewicht sich als verschieden zeigende Arten von Seewasser untersucht, sondern nur einige absichtlich gewählte Proben analysirt, um über die Bestandtheile des Seewassers im Allgemeinen und den Unterschied einzelner Meere urtheilen zu können. Derselbe fand in 500 Gran Wasser von verschiedener Art an festen Bestandtheilen nach dem Abdampfen:

Art des Meermassers.	Spec. Gew.	Bestandth.
Aus dem nördl. Polarmeere . .	1,02727	19,5
Wasser aus Meereis	1,00235	1,75
Aus der Tiefe erhaltenes Wasser	1,02705	19,30
Vom Aequator	1,02785	19,6
Aus dem südl. atlantischen Ocean	1,02819	20,6
Aus dem weifsen Meere . . .	1,02255	16,1
Aus dem schwarzen Meere . .	1,01422	10,8
Aus der Ostsee	1,00490	3,3
Aus dem nördl. atlantischen Meere	1,02886	21,3
Aus dem gelben Meere	1,02291	16,1
Aus dem mittelländischen Meere	1,02730	19,7
Aus dem todten Meere	1,21100	192,5
Aus dem See Urmia in Persien .	1,11650	111,5

Hiernach läfst sich annehmen, dafs das eigentliche Meerwasser ohne den Einflufs anderweitiger Bedingungen ungefähr 4 Procent an festen Bestandtheilen enthalte. Die chemische Untersuchung dieser Rückstände, die mit dem Wasser aus dem nördlichen atlantischen Oceane angestellt wurde, zeigte die Anwesenheit folgender Salzmengen in 500 Gran Seewasser:

1 Edinb. Phil. Trans. T. VIII. Ann. de Chim. et Phys. 1817.
2 A. a. O.

salzsaures Natron . . .	13,300 Gr.
schwefelsaures Natron .	2,330
salzsaurer Kalk	0,995
salzsaure Magnesia . .	4,955
	21,580.

Dafs diese Analyse noch einen höhern Grad der Schärfe zulasse, wodurch noch anderweitige Bestandtheile zum Vorschein kommen würden, unterliegt wohl keinem Zweifel. So entdeckte Wollaston in dem durch Marcet ihm mitgetheilten Seewasser freies und schwefelsaures Kali, nach Balard[1] befindet sich etwas Brom darin und Marcet selbst fand bei einer spätern Analyse[2] einen merklichen Antheil kohlensauren Kalk, woraus die grofse Production der Schalthiere erklärlich wird. Nach Webster's[3] Analyse enthält das Seewasser an der nordamericanischen Küste in einer Pinte in Grains: Schwefelsäure 16,1, Kalk 2,4, Magnesia 13,6, Eisen eine Spur, Natron 95, Salzsäure 96,8, Total 223,9 Grains. Rechnet man[4] 8 Pinten auf ein Gallon und den Gallon zu 277,274 Kub. Zoll, so würden hiernach mit unbedeutender Differenz die festen Bestandtheile des Meerwassers 3,12 Procent betragen. Diese Bestimmung bezieht sich jedoch auf die Quantität der Bestandtheile an sich, ohne denjenigen Gehalt an Wasser, welchen jene Salze beim Trocknen im Wasserbade noch zurückhalten. John Murray[5] analysirte das Wasser aus dem Firth of Forth und fand in 100 Theilen 2,18 salzsaures Natron, 0,486 salzs. Magnesia, 0,078 salzs. Kalk und 0,35 schwefels. Natron, also im Ganzen 3,094 Gewichttheile, mithin gleichfalls etwas über 3 Procent. Gay-Lussac[6] rauchte die oben bereits erwähnten Proben des Seewassers, die er vom atlantischen Meere unter verschiedenen Breiten durch Lamarche erhalten hatte, ab und erhitzte den Rückstand bis zum Glühen, um mit Anwendung der gehörigen Vorsicht die festen Bestandtheile sämmtlich und wasserfrei zu erhalten. Der so dargestellte Rückstand betrug im Minimum 3,57 und im Maximum 3,77,

1 Poggend. Ann. VIII. 114.
2 Ann. of Philos. 1823. Apr. p. 261.
3 Boston Journ. 1824. Jun. p. 96.
4 Vergl. Art. *Mafs.*
5 G. LXIII. 203.
6 Ann. Chim. et Phys. T. VI. u. VII.

im Mittel aber 3,665 Gewichttheile in 100, wobei kleine Unterschiede, die nicht allezeit mit denen des spec. Gewichtes zusammenfielen, als Folge des stärkern oder schwächern Glühens zu betrachten sind. Diese Bestimmung darf als der Wahrheit am nächsten kommend gelten, von welcher dann auch die übrigen nicht bedeutend abweichen; denn selbst Gaubius fand schon 3,01 Procent, Bergmann aber in dem Wasser aus der Nähe der canarischen Inseln 3,59 Procent. Fyfe[1] trocknete die aus 16 verschiedenen Proben des Seewassers aus dem nördlichen Polarmeere von 61° bis 78° erhaltenen Salze blofs, ohne sie zu glühn, wog sie aber noch warm, damit sie keine Feuchtigkeit anziehn sollten, und erhielt dann zwischen 3,27 und 3,91 Procent als Minimum und Maximum, im Mittel aber 3,691, nur wenig von jener Bestimmung abweichend, vermuthlich wegen nicht so starken Austrocknens der erhaltenen Salze. Hiernach scheint die Angabe von Pages, wonach das Wasser aus 1° 16′ S. B. 3,5 Procent, aus 20° S. B. 3,9 Procent, aus 40° S. B. 4,0 Procent und aus 46° S. B. sogar 4,5 Procent Salzgehalt haben, überhaupt aber das Meer nach dem Südpole hin an Salzigkeit bedeutend zunehmen soll, mit der Wahrheit nicht übereinzustimmen.

29) Von den ältesten Zeiten her hat man sich viele Mühe gegeben, den Ursprung des Salzes im Meerwasser zu erklären, obgleich es auf den ersten Blick einleuchtet, dafs das Meer diese seine Beschaffenheit von Anfang an gehabt haben müsse und daher die Frage über die Entstehung derselben mit der allgemeinen über den Ursprung der Erde und der Weltkörper überhaupt zusammenfalle. Aristoteles[2] und nach diesem die Scholastiker meinen, die Ausdünstungen der Meere würden durch den Einflufs der Sonne so modificirt, dafs sie wieder zurückfallend die salzigen und bittern Bestandtheile des Seewassers in sich enthielten. Marsigli glaubte, es fänden sich im Meere, wie auf dem Lande, grofse Lager von Steinsalz, wogegen jedoch mit Recht einzuwenden ist, dafs die Beschaffenheit des nicht völlig gesättigten Seewassers sich nicht ändert, so dafs also das vorhandene Salz ursprünglich aufgelöst seyn müfste, dessen Entstehn dann ebenso räthselhaft, als das

1 Edinb. Philos. Journ. N. I. p. 161.
2 Meteorol. II. c. 3.

zu erklärende Problem seyn würde; zudem hat man nie auf dem Meeresboden Salzlager gefunden, was Fichtel[1] für ein bedeutendes Argument gegen diese Hypothese hält. Halley's[2] Meinung, die nur in frühern Zeiten Beifall finden konnte, läſst sich immerhin gegen die gemachten Einwürfe vertheidigen, so wenig man gegenwärtig auch geneigt seyn kann, ihr beizupflichten. Hiernach sollen die Flüsse allmälig die Salze dem Meere zugeführt haben, deren Menge stets zunehmen muſste, bis der gegenwärtig bestehende Salzgehalt erzeugt wurde, nachdem die Salztheile der Erde stets mehr weggespült worden sind, während bloſs süſses Wasser durch Verdunstung von den Meeren aufsteigt und als wässeriger Niederschlag in den Hydrometeoren zum Theil wieder auf das Festland herabfällt. So lange die Zeitdauer dieses stets wechselnden Processes unbestimmt bleibt, muſs man von einer Widerlegung dieser Hypothese abstehn, die jedoch auf keine Weise die Gründe angiebt, warum die groſsen, durch das Meer bedeckten Theile der Erdrinde, zusammt dem Wasser derselben, ursprünglich von Salzen entblöſst geblieben seyn sollten, die wir auf dem Festlande überall verbreitet finden. Ueberhaupt aber wurde diese ganze, in sich unnütze Untersuchung zunächst nur durch die Voraussetzung herbeigeführt, daſs das Salz der Meere erst erzeugt werde, statt daſs es entweder in seiner Verbindung oder in seinen Elementen bei der Bildung der Erde überhaupt ebenso gut ursprünglich vorhanden seyn muſste, als alle die übrigen Bestandtheile dieses Planeten. Jene falsche Ansicht ergiebt sich hauptsächlich aus den mit groſser Ausführlichkeit dargelegten Aeuſserungen von de Maison-Neuve[3], wonach die Bestandtheile des Seesalzes in den verschiedensten Körpern enthalten seyn sollen, jedoch können sie zu der eigenthümlichen Beschaffenheit nicht anders, als durch die stete Wellenbewegung gelangen, weswegen sich solche Salze weder in den Landseen, die stets ruhig sind, noch in den Flüssen, die sich bloſs vorwärts bewegen, bilden können. Es würde überflüssig seyn, mehr Worte hierüber zu

---

1 Mineralogische Bemerkungen von den Karpathen. Wien 1791. Th. I. S. 195.

2 Phil. Trans. No. 344.

3 Rozier Journ. 1778. T. XII. p. 392.

verlieren. Die Salze des Meeres gehören zu den ursprünglichen Gebilden unseres Erdballs und die Frage über ihre Entstehung ist nach PARROT's richtiger Ansicht in das Gebiet der Geologie zu verweisen. Dagegen giebt es überwiegende Gründe zu vermuthen, daſs die mächtigen *Steinsalzlager*, die in verschiedenen Gegenden häufig gefunden werden, Sedimente des Meeres sind, wie denn auch jetzt noch eine unglaubliche Menge Salz, namentlich in Frankreich, Spanien, Portugal, Italien und selbst in nördlichern Gegenden, dem Meere dadurch abgewonnen wird, daſs man das Seewasser in geeigneten Gruben verdunsten läſst. An vielen Orten, z. B. in der Nähe der Kap-Stadt, giebt es solche natürliche Salzpfannen.

30) Die im Meerwasser enthaltenen Kochsalze geben demselben den eigentlich salzigen, die Bittersalze einen bittern Geschmack. Letzteren leiteten manche, namentlich MARSIGLI, von beigemischtem Bitumen her; allein obgleich viele Erdharz führende Quellen sich in das Meer ergieſsen, so würden sie doch der gesammten Wassermasse einen Geschmack zu ertheilen nicht vermögen und die in der Tiefe angenommenen Steinkohlenlager sind auf jeden Fall nirgends nachgewiesen worden. Viele im Seewasser vorhandene Reste zersetzter organischer Körper erzeugen auſserdem den eigenthümlichen Geruch desselben und machen seinen Geschmack widerlich, so daſs es nicht trinkbar ist, was es ohnehin schon der bloſsen Salzigkeit wegen kaum seyn würde. Wenn daher das mitgenommene und das beim Regnen in ausgebreiteten Matten aufgefangene Trinkwasser den Seefahrern nicht genügt, so gewährt das Seewasser ihnen zur Stillung des brennenden Durstes nur eine geringe Linderung, wenn sie sich darin baden oder die damit durchnäſste Wäsche anziehn[1]. Man hat daher von den ältesten Zeiten her Mittel gesucht, das Seewasser trinkbar zu machen. Die Angabe des PLINIUS[2], daſs die Schiffer die Dünste des Seewassers mit aufgehangenen und ausgespannten Fellen auffingen, welche alsdann ausgedrückt süſses Wasser gäben, beruht ohne Zweifel auf miſsverstandenen Sagen, und das Verfahren, welches er vorschlägt, hohle Gefäſse von Wachs in

1 MÖSER's patriotische Phantasien. Th. II. S. 263.
2 Hist. Nat. XXXI. 6.

die Tiefe herabzusenken, die sich mit süfsem Wasser füllen sollen, ist gar nicht ausführbar.

Man hat überhaupt vier Mittel zum Reinigen des Seewassers vorgeschlagen, wovon aber nur eins zu dem beabsichtigten Ziele führt. Vorzüglich glaubte man durch eine mehr oder minder künstliche Filtration den höchst wichtigen Zweck zu erreichen, dem schrecklichen Wassermangel auf weiten Seereisen zu begegnen. Hierauf führte hauptsächlich das falsche Vorurtheil, dafs das oft an sandigen Meeresküsten vorkommende süfse Wasser filtrirtes Seewasser sey, obgleich eine genauere Untersuchung seines Ursprungs dasselbe als eigentliches Quellwasser zeigt[1]. Schon Leibnitz[2] brachte daher künstliche Filtrationen in Vorschlag, Marsigli glaubte die Reinigung durch ein 75 Fufs hohes, mit Sand und Erde gefülltes Rohr bewerkstelligen zu können; was aber von einer Angabe des Delandes[3] zu halten sey, dafs das Seewasser durch die Wände hohler Wachskugeln als süfses Wasser hervordringe, weifs ich nicht zu beurtheilen, doch ist sie vermuthlich aus der oben mitgetheilten Nachricht des Plinius ohne weitere Prüfung entnommen und keiner Beachtung werth. Läfst sich gleich mechanisch beigemengter Schmuz durch Filtriren vom Wasser trennen, so vermögen doch die lockern Substanzen der Filtren die aufgelösten Salze nicht auszuscheiden.

Ein zweites vorgeschlagenes Mittel der Reinigung ist das Faulen. Das aus Quellen und Flüssen von den Seefahrern in Tonnen mitgenommene Wasser enthält stets eine geringe Quantität organischer Materie, welche in den ersten Tagen des ruhigen Liegens zersetzt wird, so dafs ein Theil als Gas entweicht, der Rest aber zu Boden fällt. Während dieses uneigentlichen Gährens schmeckt das Wasser faulig, klärt sich aber wieder, wie auch das in den Cisternen aufbewahrte, und erhält seinen guten milden Geschmack wieder. Leutmann glaubte auf gleiche Weise das Seewasser reinigen und durch wiederholtes Filtriren dann trinkbar machen zu können, allein hierdurch werden blofs die organischen Bestandtheile zersetzt, keines-

1 Vergl. *Quellen*. Bd. VII. S. 1068.
2 Acta Erud. Lips. 1682. p. 386.
3 Rozier Introd. T. I. p. 252.

wegs aber die Salze ausgeschieden, und HALES[1] mufste daher das Seewasser nach dem Faulen noch viermal destilliren, um es trinkbar zu machen.

Dafs das Meer-Eis aus süfsem Wasser bestehe, war insofern seit den ältesten Zeiten bekannt, als namentlich an den holländischen Küsten solches Eis zum Bierbrauen genommen wurde, allein SAMUEL REYHER[2] machte zuerst am Ende des 17ten Jahrhunderts die Naturforscher hierauf aufmerksam und veranlafste die vielen Untersuchungen, wodurch diese von da an das auffallende Phänomen zu erklären sich bemühten. Gegenwärtig weifs man, dafs der Procefs des Gefrierens an sich eine Ausscheidung der Salze bewirkt und hierdurch also das Seewasser trinkbar gemacht wird, hauptsächlich wenn man das in den Zwischenräumen des Eises befindliche Wasser vor dem Schmelzen entfernt. Die Seefahrer in den Polarmeeren können daher nie wegen Wassermangels in Verlegenheit kommen, allein ein künstliches Gefrierenmachen des Seewassers im Grofsen, welches neuerdings nach Art der Eisbildung mittelst Verdunstung[3] zu bewerkstelligen vorgeschlagen wurde, ist aus leicht begreiflichen Gründen unausführbar.

Das vierte und einzige ausführbare Mittel der Reinigung ist die Destillation, wobei nur das reine Wasser in Dampf verwandelt aufsteigt und durch Niederschlagung abgesondert erhalten wird. Früher glaubte man, es bedürfe hierbei künstlicher Mittel zur Entfernung der bitteren Bestandtheile. HAUTON[4] destillirte dasselbe daher über Potasche und wollte das Destillat noch aufserdem durch eine Erde reinigen, LISTER[5] destillirte es über Seegras (*alga marina*), APPLEBY und WATSON[6] über Höllenstein, gebrannte Knochen und ätzendes Kali, CHAPMANN[7] über Seife und Asche. Nach allen diesen nutzlosen Vorschlägen kam man endlich auf das richtige Verfahren zurück, das Seewasser durch einfache Destillation trinkbar zu machen, und die Aufgabe war nur, eine hierzu be-

1 Edinb. Medical Essays. T. V.
2 Acta Erud. Lips. 1697. p. 398. Vergl. unten §. 50.
3 S. *Wärme; künstliche Kälte.*
4 Phil. Trans. N. 67.
5 Ebend. N. 156.
6 Ebend. T. XLVIII. P. I. p. 69.
7 Ebend. T. L. P. II. p. 635.

queme und die hinlängliche Menge liefernde Maschine zum wirklichen Gebrauche auf Schiffen zu erfinden. Eine solche brachte Gautier[1] schon 1717 in Vorschlag, aber sie wurde für ihren Zweck zu unbequem gefunden. Poissonnier[2] gab einen Apparat an, welcher aus einem länglichen, inwendig verzinnten, kupfernen Kessel bestand, an jedem Ende mit einem Helme versehn, worin sich die Dämpfe niederschlugen, die dann vermittelst der gewöhnlichen Kühlfässer abgekühlt werden sollten. Obgleich die Maschine nur zwei Mann zu ihrer Bedienung erforderte und täglich 4200 Kannen Wasser liefern sollte, war sie doch wegen ihrer Gröſse und des erforderlichen Brennmaterials nicht anwendbar. Zweckmäſsiger waren die Vorschläge des Jac. Lind[3], nach denen Dr. Irving[4] seine bekannte Maschine construirte, wofür er vom Parlamente eine Belohnung von 4000 Lstl. erhielt. An vier Tagen in der Woche erhalten die Matrosen kein Fleisch, und dann wird der eine groſse Kessel mit Seewasser gefüllt, um ihn gegen das Verbrennen zu schützen. In dem hölzernen Deckel desselben brachte Irving eine kupferne Röhre an, um die aufsteigenden Wasserdämpfe aufzufangen, leitete diese zu einer Vorlage durch ein Kühlfaſs, in welches ein Matrose stets frisches Wasser pumpen muſste. Auf Cook's Entdeckungsreise waren beide Schiffe mit einer solchen Vorrichtung versehn, wodurch jedesmal 120 Quart Wasser gewonnen wurden, welche jedoch für den Bedarf der Mannschaft keineswegs ausreichten, und Forster[5] behauptet, daſs kein Schiff so viel Brennmaterial mit sich führen könne, als für eine solche Vorrichtung erforderlich seyn würde, wenn man durch sie den gesammten Bedarf des nöthigen Trinkwassers erzeugen wollte. An diesem Hindernisse scheitern daher alle auch später gemachte Vorschläge zur Gewinnung des Wassers durch Destil-

1 Gallon Recueil des machines approuvées par l'Acad. T. III. N. 189.

2 Schlözer's Briefwechsel. Th. II. S. 67.

3 Essay on the diseases incident to Europeans in hot climates. App. p. 351. Versuch über die Krankheiten u. s. w. Aus d. Engl. Riga u. Leipz. 1773. 8.

4 Rozier Observat. T. II. p. 257. Phil. Trans. 1772.

5 Rozier Observat. T. XIV. p. 316.

lation[1]. Da aber gegenwärtig durch die Erweiterung der Technik bessere Methoden aufgefunden worden sind, um das Wasser in genügender Menge sicher aufzubewahren, und die Vervollkommnung der Nautik die Schiffe mehr gegen ein unerwartet langwieriges Herumirren sichert, die Plätze zur Aufnahme von frischem Wasser aber beim Antritte jeder Reise vorher bestimmt sind, so hat damit das Bedürfniſs einer Reinigung und Trinkbarmachung des Seewassers aufgehört, so wichtig und dringend zu seyn, als in frühern Zeiten[2].

F. Temperatur des Meeres.

31) Die Temperatur des Meeres ist den Graden der geographischen Breite im Allgemeinen umgekehrt proportional, aber weit weniger mit den Jahres- und Tageszeiten wechselnd, als die der Luft. Im Ganzen kommt sie der mittlern der jedesmaligen Orte ziemlich nahe. Unter der Linie erreicht das Meer bei Windstille etwa um 3 Uhr Nachmittags seine gröſste Wärme an der Oberfläche, gegen Sonnenaufgang seine gröſste Kälte, unterliegt gleichen Veränderungen, als die damit in Berührung befindliche Luftschicht, ist aber um einen geringen Unterschied wärmer, als diese, weil die auffallenden Sonnenstrahlen aus dem Wasser mehr Wärme entbinden, als aus der Luft, wobei jedoch die statt findende Verdunstung die Erwärmung bedeutend vermindert[3]. Durch Winde und

1 Vergl. Freycinet und Clement in Ann. de Chim. T. IV. p. 225. Ann. des Mines T. III. p. 147. Wurzer in Buchner's Repert. für Pharmacie Th. XXXII. S. 1. Die Maschine, deren sich Freycinet bediente, zeichnete sich durch Bequemlichkeit und geringen Bedarf von Brennmaterial aus, s. Kotzebue's Reis. Th. II. S. 146., doch muſs erst die weitere Prüfung zeigen, inwiefern dieselbe mit Nutzen angewandt werden kann.

2 Nach Perinet soll ein Zusatz von 1,5 fein pulverisirtem Manganoxyd auf 250 Theile Wasser gegen das Faulen schützen. Ann. Ch. Ph. T. XI. p. 110. Vortheilhaft sind auch die in England gebräuchlichen Gefäſse aus Eisenblech, und auch das Verkohlen der innern Seite der eichenen Fässer, welches zuerst Lowitz, dann Berthollet in Vorschlag gebracht und hiernach v. Krusenstern mit günstigem Erfolge angewandt hat, s. G. XXIII. 354, dient zur bessern Erhaltung von gutem Trinkwasser.

3 Vergl. v. Humboldt Reis. Th. I. S. 347.

Strömungen wird die Wärme sehr ungleich vertheilt, indem oft Wassermassen von bedeutend verschiedenen Temperaturen nahe an einander grenzen und aus andern Gegenden herbeigeführt werden. Ueberhaupt hängt die Wärme des Meeres unter den verschiedenen Breiten in ungleichen Tiefen und in den verschiedenen Tags- und Jahreszeiten von so vielfachen Ursachen ab, die sich einander gegenseitig bedingen, daſs es nicht selten sehr schwierig ist, die sich scheinbar widersprechenden Resultate der Beobachtungen zu vereinigen. Hauptsächlich sind zu berücksichtigen zuerst die Durchsichtigkeit des Seewassers, in deren Folge ein groſser Theil der Sonnenstrahlen tiefer eindringt, und daher nicht in gleicher Stärke Wärme erzeugt, als dieses auf dem Festlande geschieht. Auf der andern Seite ist das Wasser ein schlechter Wärmeleiter; ungleich warme Massen können daher eine geraume Zeit neben einander bestehn, ohne daſs sich ihre Temperaturen ausgleichen, und die hieraus entstehende Ungleichheit würde noch viel gröſser seyn, wenn nicht vermöge der Flüssigkeit und steten Bewegung die Theile unausgesetzt durcheinander gemengt würden. Dieser Einfluſs wird dadurch bedeutend erhöht, daſs das kältere und dadurch specifisch schwerere Wasser nach statischen Gesetzen herabsinkt, dagegen das örtlich erwärmte emporsteigt. Endlich äuſsern nicht sowohl die in Folge der Winde und Wellen entstehenden Bewegungen, als vielmehr die Strömungen den bedeutendsten Einfluſs, in deren Folge groſse Wassermassen in der Tiefe von den Polargegenden der äquatorischen Zone zuflieſsen, während andere aus niederen Breiten den höhern zugeführt werden, die zahlreichen Meeresströme nicht gerechnet.

32) Wenn wir mit Rücksicht auf diese allgemeinen Bedingungen die Angaben der verschiedenen Beobachter prüfen, so ergiebt sich im Ganzen, daſs die Oberfläche des Meeres am Tage etwas wärmer ist, als in der Nacht. Allerdings scheint aus den Beobachtungen von Bayly, Forster, King, Perrins, Irving und selbst v. Humboldt hervorzugehn, daſs die Oberfläche des Meeres stets etwas kälter sey, als die begrenzende Luft, allein Parrot[1] bemerkt, daſs alle diese Seefahrer in der Regel bloſs am Tage beobachteten. Dagegen

1 Grundriſs der theor. Physik. Th. III. S. 360.

zeigen die von Peron[1] auf der Entdeckungsreise unter Baudin vier Jahre hindurch um 6 Uhr Morgens und Abends, um Mittag und Mitternacht zwischen 49° N. B. und 44° S. B. angestellten Beobachtungen mit der Theorie sehr übereinstimmend, dafs um Mittag die See kälter ist als die Luft, um Mitternacht aber in Folge der gröfsern Wärmemenge des Wassers wärmer, während Morgens und Abends beide Temperaturen einander gleich kommen.

Zur Beantwortung der Frage über die mittlere Temperatur der Luft und der Meeresoberfläche geben die Beobachtungen von Gairdner[2], die sich weit über beide Hälften des atlantischen Oceans und über den südlichen Theil der Südsee erstrecken, treffliche Materialien. Die mittlern Temperaturen an den Tagen, wo die angegebenen Grade der Breite und Länge passirt wurden, waren folgende.

Atlantischer Ocean.

Breite	Länge W.	Temperatur See	Temperatur Luft	Breite	Länge W.	Temperatur See	Temperatur Luft
50° N.	4°	14°,8	14°,8	5° S.	27°	24°,8	25°,4
45 —	11	17,5	18,9	10 —	31	26,2	26,1
40 —	15	19,1	19,0	15 —	34	26,7	24,6
35 —	16	22,0	20,0	20 —	37	24,8	24,1
30 —	19	23,1	22,2	25 —	37	22,3	22,9
25 —	22	23,5	23,0	30 —	38	20,5	19,8
20 —	24	24,6	24,2	35 —	49	21,6	22,0
15 —	26	26,4	25,6	40 —	54	17,5	13,5
10 —	23	27,5	26,2	45 —	54	13,5	13,3
5 —	17	26,7	25,8	50 —	56	7,7	9,3
0 —	23	24,8	24,7	55 —	64	6,2	7,5
				58 —	67	5,1	5,5

Südsee.

Breite	Länge W.	Temperatur See	Temperatur Luft	Breite	Länge W.	Temperatur See	Temperatur Luft
55° S.	77°	6°,2	6°,0	25° S.	88°	24°,5	24°,2
50 —	78	10,4	9,8	20 —	94	23,9	24,1
45 —	85	13,4	13,7	15 —	98	24,7	24,6
40 —	86	15,6	15,8	10 —	103	25,3	25,7
35 —	88	20,8	18,3	5 —	107	26,3	26,8
30 —	87	23,0	22,0	0 —	114	25,9	26,4

1 Voyage T. I. p. 75. Vergl. G. XIX. 427.

2 Edinb. New philos. Journ. N. XXXII. 293.

Im Ganzen ist also auch nach den sehr entscheidenden Messungen von Lenz[1] das Meer in jenen niedrigen Breiten von 45° N. B. bis 33° S. B. etwas wärmer, als die Luft, weil die Sonnenstrahlen mehr Wärme im Wasser erregen und dieses dieselbe stärker zurückhält. Dazu kommt der Umstand, daſs die obern Wassertheilchen, sobald sie nach Sonnenuntergang zu erkalten beginnen, sogleich herabsinken und daſs die zunächst liegenden wärmern an ihre Stelle treten. Bei Tage ist die Luft einer dünnen Schicht unmittelbar über der Oberfläche des Wassers stets etwas wärmer, als die letztere, was wohl mit Recht für eine Folge der Verdunstung gehalten wird, welche gerade an dieser Grenze statt findet. Für ein Vorurtheil muſs man aber den seit den Zeiten des Aristoteles fortgepflanzten Glauben halten, daſs durch Stürme das Meer erwärmt werde. Den Erfahrungen nach sinkt die Temperatur der See durch den Wind, weil gleichzeitig die Verdampfung befördert und kälteres Wasser tieferer Schichten heraufgetrieben wird[2]. Unter niedern Breiten findet auſserdem nach v. Humboldt nur ein geringer Wechsel der Temperaturen bei Tage und bei Nacht statt, da selbst die Wärme der Luft sich nur um wenige Grade ändert, womit auſser Peron und John Davy auch Martius[3] übereinstimmt. In dieser Beziehung unterscheidet sich indeſs die Temperatur des Meeres von der des Festlandes, insofern jene einen weit geringern Unterschied zwischen Tag und Nacht zeigt, als diese, und obgleich in der äquatorischen Zone eine weit geringere Abkühlung während der Nacht statt findet, als unter höhern Breiten, so ist sie doch auch dort so bedeutend, daſs dadurch der See- und Landwind bedingt wird, welcher bei Nacht von der abgekühlten Oberfläche des Landes dem wärmeren Meere zuweht, bei Tage aber die umgekehrte Richtung annimmt. Auf gleiche Weise kann in der heiſsen Zone kein merklicher Unterschied der Jahreszeiten statt finden, die im Ganzen dort wegfallen, so daſs also das Meer unausgesetzt mit geringen Unterschieden stets dieselbe Temperatur beibehält, welche im Ganzen die mittlere des Breitengrades ist. Inzwischen ist die

---

1 Mém. de l'Acad. de Petersbourg. VIme Sér. T. I. p. 322.

2 V. Humboldt in G. XIX. 430.

3 Spix und Martius Reise Th. I. S, 75.

höhere Temperatur der Luft als die des Wassers unter geringen Breiten in der Südsee nach Gairdner's Messungen ohne Zweifel eine Folge der Jahreszeiten, denn jene Beobachtungen fallen sämmtlich in den Februar und März.

33) Die gröfsere Beständigkeit der Temperatur des Meeres in den verschiedenen Tags- und Jahreszeiten, als welche auf dem Lande gefunden wird, erstreckt sich auch bis zu den höchsten Breiten hinauf, jedoch tritt der Unterschied der Jahreszeiten stets merklicher hervor. Dafs zwischen der Wärme des Meeres bei Tage und während der Nacht kein bedeutender Unterschied statt finden könne, folgt so unmittelbar aus dem Verhalten des Wassers, welches die Sonnenstrahlen theils zurückwirft, theils bis zu gröfserer Tiefe eindringen läfst, sich in der Regel in steter Bewegung befindet und aufserdem wegen seiner grofsen Wärmecapacität nicht schnell eine höhere Temperatur annimmt, dafs dieser Umstand keine weitere Erörterung bedarf. Eine merkliche Aenderung der Lufttemperatur wirkt daher nicht augenblicklich, sondern erst bei längerer Dauer auf die Wärme des Meeres, jedoch vermag eine starke Kälte das ohnehin dem Gefrierpuncte nahe Seewasser in wenigen Stunden mit einer Eisdecke zu überziehn. Der durch die Jahreszeiten bedingte Unterschied läfst sich inzwischen nicht im Allgemeinen bezeichnen, weil die mittlere Temperatur des Meeres, ebenso wie die des Landes, nicht nach einem beständigen Gesetze überall den Graden der geographischen Breite umgekehrt proportional ist; einige der am besten beweisenden Angaben sind jedoch folgende.

Die gehaltreichsten Thatsachen hierüber hat Al. v. Humboldt[1] theils aus eigenen Beobachtungen, theils aus denen anderer Seefahrer zusammengestellt, wobei namentlich in Beziehung auf die vorliegende Frage die Mittheilungen von Churruca[2], Abbé Chappe[3], Perrins[4], Quevedo[5] und

1 Reisen. D. Ueb. Th. I. S. 347.

2 Don Cosme de Churruca Appendice del Viage al Magellanes. 1793.

3 Williams Thermometrical Navigation. Philad. 1790.

4 Auf dem Schiffe Schelton während einer Reise von London nach Bombay im J. 1800.

5 Nicholson's Journ. 1804. p. 131. G. XIX. 447.

Rodmann[1] benutzt sind. Die folgende Tabelle, worin Th. die Grade des hunderttheiligen Thermometers und L. die Grade der Länge bezeichnen, giebt eine Uebersicht dieses Verhaltens im atlantischen Meere.

Nördl. Br.	Chappe Jan. u. Feb. 1768	Perrins März 1804	Quevedo Ap. u. Mai 1803	Humboldt Jun. u. Jul. 1799	Churruca Octob. 1788	Rodmann Oct. u. Nov. 1803
34°,5	- - - - - - - -	Th. 16°,0 L. 18° 20′	Th. 18°,8 L. 41° 11′	Th. 16°,3 L. 16° 55′	Th. 23°,4 L. 10° 37′	Th. 24°,3 L. 52° 40′
30	Th. 20°,7 L. 9° 30′	Th. 19°,3 L. 23° 15′	Th. 20°,7 L. 38° 40′	Th. 18°,4 L. 16° 50′	Th. 23°,8 L. 16°,4	- - - - - - - -
26	Th. 23°,9 L. 18° 10′	Th. 20°,7 L. 26° 20′	Th. 21°,2 L. 39° 54′	Th. 20°,2 L. 19° 45′	- - - - - - - -	Th. 25°,0 L. 35° 20′
18	- - - - - - - -	Th. 22°,7 L. 28° 32′	Th. 23°,2 L. 41° 17′	Th. 22°,4 L. 32° 10′	Th. 26°,4 L. 22° 10′	Th. 26°,2 L. 29° 50′
10	- - - - - - - -	Th. 23°,8 L. 24° 30′	Th. 26°,2 L. 57° 7′	Th. 25°,8 L. 65° 40′	Th. 28°,2 L. 22° 25′	Th. 28°,8 L. 26°,50′
5	- - - - - - - -	Th. 26°,5 L. 22° 33′	Th. 26°,5 L. 33° 10′	- - - - - - - -	Th. 28°,3 L. 22° 27′	Th. 28°,8 L. 25° 10′

Sind gleich diese Werthe durch verschiedene Beobachter und jedesmal mit andern Thermometern gefunden worden, so beweisen sie doch auffallend den mit den Breitengraden steigenden Einfluſs der Jahreszeiten, da ohnehin Messungen dieser Art sehr leicht,

1 Coke's Philadelphian medical Museum. T. I. p. 83.

und auch gemeine Thermometer in dem hierzu nöthigen Umfange selten bedeutend unrichtig sind.

V. Horner[1] hat theils eigene, theils fremde Beobachtungen zusammengestellt, aus denen ich die unter einerlei Breite oder zu verschiedenen Jahreszeiten gemachten entnehme, woraus dann gleichfalls ein Einfluſs der letzteren hervorgeht.

Atlantisches Meer.				Südsee.			
Breite	Monat	Temp.	Beobachter	Breite	Monat	Temp.	Beobachter
10° N.	März	24,62	Perrins	23° N.	Juni	20°,9	Horner
—	Aug.	22,75	King	—	Nov.	23,4	Horner
21 —	März	21,25	Perrins	31 —	Febr.	22,0	King
—	Aug.	24,00	Bayly	—	Sept.	27,5	Horner
26 —	März	20,90	Perrins	32 —	Febr.	17,9	Bayly
—	Juni	24,50	Horner	—	Oct.	22,9	Horner
30 —	März	19,00	Horner	45 —	Febr.	9,0	Bayly
—	Juni	23,10	Perrins	—	Oct.	9,1	Bayly
33 —	März	16,80	Perrins	50 —	Apr.	8,0	Bayly
—	Aug.	22,25	Bayly	—	Oct.	6,5	Horner
43 —	Febr.	11,25	Perrins	58 —	Juli	9,25	King
—	Aug.	22,00	Bayly	—	Sept.	7,5	Bayly
60 —	Juni	10,00	Irving	23° S.	März	25,65	King
—	Sept.	13,75	Irving	—	Juli	21,88	Bayly
25° S.	Apr.	24,50	Perrins	39 —	März	17,25	Bayly
—	Sept.	21,25	Forster	—	Apr.	15,62	Horner
36	Apr.	19,00	Perrins	43 —	Jan.	14,75	Bayly
—	Oct.	14,00	King	—	März	15,90	Bayly

V. Kotzebue befand sich auf seiner Entdeckungsreise mehrmals in verschiedenen Jahreszeiten unter gleichen Parallelen und aus den Messungen der ihn begleitenden Naturforscher lassen sich daher viele Bestimmungen entnehmen, aus denen der Einfluſs der Jahreszeiten und die mit der geographischen Breite wachsende Zunahme dieser Einwirkung sichtbar hervorgeht. Die nachfolgende Tabelle giebt eine Uebersicht, jedoch ist dabei zu berücksichtigen, daſs die Parallele zwar in ganzen Graden gleich, in den Minuten aber bis auf 15 zuweilen verschieden sind, auch konnte ein anderer bedeutender Unterschied nicht berücksichtigt werden, insofern manche Bestimmungen dem Anfange, andere der Mitte oder dem Ende der

1 G. LXIII. 270.

einzelnen Monate zugehören. Die Werthe sind daher nur als genäherte zu betrachten.

Grade	Monat	Temp.	Grade	Monat	Temp.
20° N. B.	März	24°,5	40° N. B.	April	8°,3
	Septemb.	26,8		Septemb.	16,5
	Novemb.	24,6	42 ——	April	7,2
	Decemb.	25,2		Septemb.	16,5
22 ——	März	23,8	44 ——	April	5,2
	Nov.	22,8		Septemb.	15,0
24 ——	März	22,7	46 ——	April	4,75
	Sept.	25,0		August	13,25
	Novemb.	22,0		Septemb.	13,2
26 ——	März	21,7	48 ——	April	3,0
	Sept.	25,2		August	12,2
	Novemb.	21,3		Septemb.	11,5
28 ——	Septemb.	25,8	50 ——	April	3,3
	Novemb.	20,5		August	10,2
30 ——	März	16,1		Septemb.	10,5
	Septemb.	24,4	52 ——	April	3,5
32 ——	März	16,9		Juli	6,0
	Septemb.	23,2		August	10,0
	Novemb.	18,7		Septemb.	10,5
34 ——	April	14,0	54 ——	Juli	10,0
	Septemb.	22,7		Septemb.	8,0
36 ——	April	14,5	58 ——	Juli	7,1
	Septemb.	23,0		Septemb.	5,6
38 ——	April	14,5	62 ——	Juli	6,7
	Octob.	15,5		August	4,0

34) Eine den zunehmenden Polhöhen proportionale Abnahme der Temperatur der Oberfläche des Meers folgt schon aus dem oben bereits erwähnten Gesetze, wonach jene Wärme der mittleren der jedesmaligen Orte sehr nahe gleich ist. Es giebt der Beobachtungen jener Temperatur eine außerordentliche Menge, allein sie können nicht ohne Weiteres einzeln aufgenommen werden, weil aus den so eben angestellten Untersuchungen folgt, daſs die verschiedenen Jahreszeiten einen bedeutenden Einfluſs ausüben. Um daher zu einem genauen mittleren Resultate zu gelangen, müſsten eigentlich hinlänglich anhaltende tägliche Beobachtungen während eines oder mehrerer Jahre auf gleiche Weise vereinigt werden, als dieses für die Lufttemperatur auf dem Lande zu geschehn pflegt; allein solche sind nicht zu erhalten, weil kein Schiff auf der See

seinen Platz anhaltend behauptet. Dagegen ist allerdings die Temperatur der See weit weniger wechselnd, ungleich beständiger, und es reicht daher eine weit geringere Menge einzelner Beobachtungen aus, um einen mittlern Werth zu erhalten, als dieses am Lande der Fall ist. Dessenungeachtet kann man nicht weiter als zu einem genäherten Resultate gelangen, für welches in der nachfolgenden Uebersicht die Mittel aus den zu Gebote stehenden einzelnen Messungen vereinigt sind. Für das Meer auf gleiche Weise isothermische Linien aufzusuchen, als dieses für den Continent geschehn ist, hat man noch nicht mit genügendem Erfolge versucht, auch würde dieses ohne Zweifel zu gar keinem oder zu einem nur unbedeutenden Resultate führen, weil die Beweglichkeit des Meeres und der Einflufs der beständigen und der wechselnden Ströme ein stetes örtliches Verhalten hindern.

V. Humboldt[1] zeigt, dafs die mittlere Temperatur der Meeresoberfläche die der Luft etwas übertreffe. Dabei fragt sich zuerst, welches das Maximum der Wärme sey und wo dasselbe gefunden werde. Die verschiedenen hierüber vorhandenen Beobachtungen weichen nur wenig von einander ab. Churruca fand im October 1788 dasselbe unter 6° N. B. = 28°,7; Lamarche[2] um die nämliche Zeit unter 9° 57′ N. B. = 28°,6; John Davy ungefähr unter 2° 30′ N. B. = 27°,8; Abercrombie[3] unter 8° 55′ N. B. = 28°,6; Perrins im April 1804 unter 0° 15′ N. B. = 28°,2; Rodmann gleichfalls im October unter 6° N. B. = 28°,8; Quevedo im März 1803 unter 2° 2′ S. B. = 28°,6; v. Humboldt im März 1803 unter 2° 27′ N. B. = 29°,3; Kotzebue am 11. und wiederum am 14. Februar 1818 unter 4° 21′ und unter 6° 7′ S. B. = 29°,12; v. Horner im Mai 1805 unter 1° S. B. = 29°,4. Die Zahl der Beobachtungen liefse sich leicht noch vermehren, inzwischen würde man doch zu keinem andern Resultate gelangen, als welches bereits durch v. Humboldt aufgefunden worden ist, nämlich dafs die verschiedenen Angaben um nicht mehr als etwa 1° C. von einander abweichen, das Maximum also sehr nahe auf 29° C. gesetzt werden kann und demnach etwas höher ist, als das mittlere der

1 Reisen. Th. I. S. 352.
2 Ann. Ch. Phys. T. V. Daraus in G. LXVI. 153.
3 Phil. Trans. 1778. p. 389.

Luft, dafs aber die Anomalieen, wonach das Maximum unter ungleichen Breiten gefunden wurde, wahrscheinlich als eine Folge von Strömungen zu betrachten sind und also die Linie der gröfsten Wärme des Seewassers den Aequator unter einem nach dem Stande der Sonne veränderlichen Winkel schneidet.

35) Ungeachtet der grofsen Beständigkeit der Temperatur des Meeres, in Vergleichung mit der des Continentes, ist doch der Einflufs der Jahreszeiten, hauptsächlich unter höhern Breiten, so grofs, dafs einzelne Messungen auffallende Sprünge und Abweichungen von einer nach den Polen hin statt findenden regelmäfsigen Abnahme der Wärme zeigen müssen. Die hieraus entspringenden Unrichtigkeiten lassen sich um so vollständiger beseitigen, je gröfser die Zahl der vereinten Beobachtungen ist, und da es für niedere und mittlere Breiten eine hinlängliche Menge derselben giebt, so kennt man hierfür die mittlere Wärme der Meeresoberfläche mit ziemlicher Genauigkeit. Ungleich schwieriger dagegen ist die Aufgabe für die höhern Breiten, wo die Schifffahrt nicht so häufig und meistens nur auf den Sommer beschränkt ist[1], wo aufserdem aber die Strömungen einen so grofsen Einflufs haben und endlich die Anwesenheit von schmelzendem Polareise genaue Messungen fast unmöglich macht. Für die höhern Breitengrade ist daher auf hinlängliche Genauigkeit nicht mehr zu rechnen, auf der nördlichen Erdhälfte zwar mehr, als auf der südlichen, wie auch schon aus der höchst ungleichen Menge der für beide vorhandenen Messungen hervorgeht, und die Bestimmungen hören überhaupt an der Grenze des Polareises und zwischen den Eismassen auf, wo die Temperatur meistens dem Gefrierpuncte des süfsen Wassers sehr nahe ist. In der nachfolgenden Tabelle sind die aus den verschiedenen mir bekannt gewordenen Reisebeschreibungen entnommenen Messungen zum arithmetischen Mittel vereint, und die in der dritten Columne enthaltene Ziffer bestimmt die Zahl der einzelnen Beobachtungen, die zu der gegebenen Bestimmung verbunden wurden; auch schien es mir der Kürze wegen genügend, von zwei zu zwei Graden fortzuschreiten, mit Weglassung derjenigen Breitengrade der südlichen Halbkugel, für welche ich keine Messungen aufgefunden habe.

1 Alle Bestimmungen von Scoresby in: An Account of the arctic Regions. T. I. p. 182. fallen zwischen März und Juli.

Nördliche Halbkugel.			Südliche Halbkugel.		
Grade d. Br.	Temp.	Zahl d. Beob.	Grade d. Br.	Temp.	Zahl d. Beob.
0° und 1°	27°,00	14	0° und 1°	27,34	10
2 — 3	26,91	12	2 — 3	26,25	5
4 — 5	27,41	13	4 — 5	26,34	10
6 — 7	27,26	4	6 — 7	26,52	8
8 — 9	27,68	41	8 — 9	26,25	6
10 — 11	27,49	26	10 — 11	26,07	6
12 — 13	26,86	27	12 — 13	25,12	7
14 — 15	25,74	19	14 — 15	24,18	6
16 — 17	24,88	18	16 — 17	25,41	5
18 — 19	24,48	32	18 — 19	24,75	7
20 — 21	24,14	27	20 — 21	24,13	8
22 — 23	23,51	17	22 — 23	24,12	9
24 — 25	22,52	13	24 — 25	23,17	7
26 — 27	22,42	24	26 — 27	23,66	4
28 — 29	21,84	17	28 — 29	22,88	7
30 — 31	21,49	23	30 — 31	22,24	9
32 — 33	20,23	15	32 — 33	21,63	10
34 — 35	19,67	19	34 — 35	17,33	8
36 — 37	18,27	12	36 — 37	17,14	7
38 — 39	16,64	13	38 — 39	15,78	3
40 — 41	15,00	13	40 — 41	21,20	1
42 — 43	14,84	12	42 — 43	15,30	2
44 — 45	12,35	13	44 — 45	15,60	2
46 — 47	11,25	8	46 — 47	— —	—
48 — 49	10,77	7	48 — 49	9,10	3
50 — 51	8,31	8	50 — 51	9,19	2
52 — 53	7,33	18	52 — 53	11,50	2
54 — 55	9,06	19	54 — 55	6,69	2
56 — 57	7,11	14	56 — 57	6,80	4
58 — 59	6,66	13	58 — 59	4,72	3
60 — 61	6,88	20	60 — 61	— —	—
62 — 63	6,13	10	62 — 63	— —	—
64 — 65	6,91	8	64 — 65	2,80	1
66 — 67	7,21	2			
68 — 69	4,66	4			
70 — 71	4,24	10			
72 — 73	1,67	6			
74 — 75	1,35	7			
76 — 77	-0,29	13			
78 — 79	-0,58	13			
80 — 81	-1,30	2			

Die hier mitgetheilte Zusammenstellung der mittleren Temperaturen der Meeresoberfläche kann nur eine allgemeine Uebersicht gewähren, ohne das Gesetz der Wärmeabnahme, wie es durch die Zunahme der geographischen Breite bedingt wird, genau auszudrücken. Am wenigsten läſst sich dieses für die höhern Breiten und namentlich auf der südlichen Halbkugel erwarten, wo die zu Entdeckungsreisen bestimmten Schiffe sich meistens nur in den wärmern Jahreszeiten aufzuhalten pflegen; auch gehören die meisten Bestimmungen unter höhern Breiten auf der nördlichen Halbkugel dem atlantischen Oceane zu und fallen fast sämmtlich in die Sommermonate. Inzwischen lassen sich doch einige wahrscheinlich richtige Resultate daraus entnehmen. Zuerst fällt das Maximum der Temperatur nicht unter den Aequator, sondern zwischen 8 und 9 Grad der nördlichen Breite, was mit den Beobachtungen, die sich auf die westliche Meeresströmung in dieser Gegend beziehn, sehr gut übereinstimmt und aus dem Einflusse der über ausgedehnte Sandwüsten wehenden Ostwinde leicht erklärlich wird. Wenn aber die geringe Zunahme der Temperatur vom Aequator an bis zu 1 Grad südlicher Breite als wirklich existirend anzunehmen ist, so liegt die Ursache hiervon vielleicht darin, daſs namentlich im atlantischen Ocean an der africanischen Küste die dem Weststrome von der südlichen Hemisphäre her zugeführten kälteren Wassermassen etwas über den Aequator hinaus getrieben werden. Ferner hat A. v. Humboldt[1] aus seinen eigenen und aus fremden Beobachtungen gefolgert, das Meer der südlichen Hemisphäre sey nicht kälter, als das der nördlichen, vielmehr scheine es unter niederen Breiten wärmer zu seyn. Allerdings führen viele Beobachtungen zu diesem Resultate, wenn man aber mehrere vereinigt, so kommt das naturgemäſsere heraus, welches die Tabelle angiebt, nämlich ein geringes Uebergewicht der Temperatur auf der nördlichen Halbkugel. Dieses reicht nach den mitgetheilten Angaben jedoch nur bis zum 16ten Grade S. B., von wo an bis zum 32sten Grade der Breite südlich vom Aequator ein Uebergewicht der Wärme zum Vorschein kommt, wahrscheinlich aber ist dieses nur eine Folge minder zahlreicher, meistens in die heiſsen Monate fallender Beobachtungen. Endlich schreitet

1 Reisen. D. Ueb. Th. I. S. 361.

die Abnahme der Temperatur auf der nördlichen Halbkugel bis zum 54. Breitengrade so fort, wie man es aus theoretischen Gründen erwarten muſs, die plötzliche Wärmezunahme aber, welche dann eintritt, ist ohne Zweifel eine Folge des Einflusses, welchen das wärmere Wasser südlicher Strömungen erzeugt, wie sich sehr augenfällig aus der Temperatur unter den correspondirenden Graden der südlichen Hemisphäre ergiebt.

36) Auf die Temperatur eingeschlossener Meere haben die umgebenden Länder einen gröſseren Einfluſs, als dieses bei den groſsen Oceanen der Fall seyn kann, insbesondere wenn der Umfang jener nicht sehr groſs ist. Die Messungen Marsigli's[1] im mittelländischen Meere sind indeſs zu alt, als daſs die von ihm gebrauchten Thermometer Vertrauen verdienten, und ebendieses läſst sich von den wenigen Angaben sagen, welche Hellant[2] über die Ostsee mitgetheilt hat. Dennoch unterliegt der aufgestellte Satz, daſs die Temperatur, hauptsächlich die Sommertemperatur, eingeschlossener Meere höher sey, als die des Oceans unter gleichen Breiten, keinem Zweifel. Am entscheidendsten hierfür sind die Resultate, welche Gautier im mittelländischen Meere erhielt, wo er am 3. Aug. 1819 und am 24. Juni 1820 die Oberfläche unter 38° 46′ und 39° 12′ N. B. zwischen 29° und 29°,5 C. fand, also 3° wärmer als die mittlere Temperatur des antillischen Meeres und nur 1° weniger, als die Temperatur des Oceans mit guten Thermometern jemals unter dem Aequator nach v. Humboldt[3] gefunden wurde. Die mittlere Temperatur der Ostsee im Sommer wird zwischen 15° bis 17°,5 C. angegeben, während man dann bei Kopenhagen 22° bis 23°,7, am Kattegat dagegen unter Einwirkung des von der Nordsee eindringenden Wassers kaum 16°,2 beobachtet[4]. Die Ursache hiervon liegt darin, daſs das mehr abgeschlossene Wasser solcher Binnenmeere durch den Einfluſs der äuſsern höhern Temperatur schneller erwärmt wird, wie dieses augenfällig aus den

1 Histoire physique de la Mer. Amst. 1725.

2 Schwed. Abhandl. Th. XV. S. 320.

3 Aus dessen Relat. hist. Chap. XXVIII. p. 498. in Poggendorff Ann. XXXIII. 226.

4 Berghaus Annalen Th. IV. S. 142.

interessanten Beobachtungen hervorgeht, welche A. v. Humboldt[1] im Sommer 1834 hierüber anstellte. Dieser fand am 24. Aug. die Wärme der Oberfläche der Ostsee bei Swinemünde = 23°,2 C.; gegenüber Treptow = 20°,3; östlich der Landzunge von Hela = 22°,2 und am frischen Haf noch 21°,8. Das gleichzeitig beobachtete plötzliche Sinken des Thermometers auf 12° bis 11°,2 C. am Vorgebirge zwischen Leba und Rixhöfter im Meridiane der Insel Gotland wagt dieser scharfsinnige Naturforscher selbst nicht zu erklären und daher verdient dieses unerwartete Phänomen zuvor noch durch weitere Untersuchungen genauer ausgemittelt zu werden.

37) Der interessanteste Theil der gesammten Untersuchungen über die Temperatur des Meeres bezieht sich auf den Einfluſs, welchen die Tiefe darauf äuſsert. In frühern Zeiten legte man dieser Frage eine noch gröſsere Wichtigkeit bei, als sie wirklich hat, insofern man dadurch zur Entscheidung einer andern zu gelangen wähnte, nämlich ob eine gröſsere Wärme in den Tiefen des Meeres die Hypothese von einem Centralfeuer bestätige, oder die stets zunehmende Kälte die entgegengesetzte Meinung unterstütze, wonach das Innere der Erde in ewiger Erstarrung durch Kälte liegen sollte, wie Péron[2] zuerst aus seinen Versuchen folgern zu müssen glaubte. Gegenwärtig hat man sich genügend überzeugt, daſs die genaueste Kenntniſs der Temperatur des Meeres bis auf die gröſsten Tiefen hinab hierüber auf keine Weise zu entscheiden vermöge, indem der Boden dieser Wassersammlungen seit Jahrtausenden in einen bleibenden Zustand versetzt worden ist, worcher nur durch die Temperatur des Meeres selbst einigem Wechsel bis auf geringe Tiefen unterliegt.

Um die Temperatur des Seewassers von der Oberfläche zu messen, bedient man sich gewöhnlicher Thermometer, schöpft dann in einem groſsen Eimer das Wasser, senkt das Thermometer sogleich hinein und liest den Stand desselben ab. Da die Temperatur in der Regel von derjenigen, die auf dem Verdecke herrscht, nicht sehr abweicht und auſserdem eine so groſse Wassermasse ihre Wärme durch den bloſsen Ein-

1 Poggendorff's Ann. XXXIII. 224.
2 Voyage T. II. p. 327.

flufs der umgebenden Luft nicht schnell ändert, so gewährt dieses Verfahren genügende Genauigkeit. Soll aber die Temperatur in gröfseren Tiefen ausgemittelt werden, so sind andere Vorrichtungen erforderlich. Früher bedienten sich die Seefahrer meistens der oben (§. 17.) beschriebenen Instrumente zum Heraufholen des Seewassers aus ungleichen Tiefen, die im Wesentlichen stets nach der Angabe von Hales mit den Abänderungen und oft vermeintlichen Verbesserungen von Mallet, Marsigli, Micheli, Cavendish, Pictet, Saussure, Irvine, Morozzo, Förster u. a. construirt waren[1]. In der Axe des Cylinders befand sich dann ein Thermometer, dessen Kugel bis etwa in die Mitte des Cylinders herabreichte und mit dem in beliebiger Tiefe geschöpften Wasser während des Heraufziehens in Berührung blieb, um die Temperatur desselben anzunehmen, die dann nach dem möglichst schnell bewerkstelligten Heraufziehn abgelesen wurde. Mit Recht bemerkt v. Horner[2] hiergegen, dafs es sehr schwierig sey, unter diesen Bedingungen genau schliefsende Ventile zu erhalten, und unmöglich, einen so schweren Körper ohne Unterbrechung und Stillstand aus einer Tiefe von mehrern hundert Faden heraufzuziehn, nicht zu gedenken, dafs während der hierzu mindestens erforderlichen 5 bis 10 Minuten selbst das eingeschlossene Wasser seine Temperatur etwas ändern müsse. Nicht minder unsicher ist eine andere Vorrichtung, deren sich verschiedene Seefahrer, namentlich unter andern auch Peron[3], bedient haben. Sie senkten ein in einen Behälter eingeschlossenes, mit schlechten Wärmeleitern, als Glas, Kohlen, Holz, Fett, getherter Leinwand u. s. w. umgebenes Thermometer bis zu der zu untersuchenden Tiefe herab, liefsen es dort so lange, bis sie glaubten, dafs es die daselbst herrschende Temperatur angenommen habe, und zogen es dann möglichst schnell herauf, in der Voraussetzung, dafs es während dieser Zeit seine Wärme nicht ändern solle. Diese Methode ist auf jeden Fall sehr mühsam und kann schon keine absolute Genauigkeit geben, denn je weniger die umgebenden

1 G. XIX. 430.

2 G. LXIII. 266.

3 Annales du Muséum d'histoire naturelle T. V. p. 123 ff. Daraus in J. d. Ph. T. LIX. p. 361. und G. XIX. 431.

Körper die Wärme durchlassen, um so längere Zeit wird erfordert, bis das Thermometer die Temperatur der Umgebung annimmt, jede Erleichterung der Wärmeleitung hat aber zur Folge, daſs beim Heraufziehn das Thermometer seinen angenommenen Stand ändert. Ungleich zweckmäſsiger sind daher die selbstregistrirenden Thermometer oder sogenannten Thermometrographen, deren sich, wie es scheint, zuerst v. Horner bei der Expedition unter von Krusenstern bediente. Seitdem sind diese allgemein in Gebrauch gekommen[1], und zwar vorzugsweise oder ausschlieſslich das nach seinem Erfinder genannte *Six-Thermometer*, welches zwar keineswegs die Temperatur aller bis zu einer gewissen Tiefe durchlaufenen Schichten, sondern nur ein Maximum und ein Minimum angiebt, bei zweckmäſsigem Gebrauche aber sehr geeignet ist, um die Frage über das Verhältniſs der Temperatur zur Tiefe zu entscheiden, da in der Regel keine wechselnden Schichten getroffen werden, sondern eine regelmäſsige Abnahme der Wärme statt findet und das Vorhandenseyn einer einzelnen wärmeren oder kälteren Schicht sich ohne bedeutende Schwierigkeiten eben durch dieses Thermometer ermitteln läſst. Inzwischen macht Lenz[2] dem Six-Thermometer den allerdings nicht wohl zu verkennenden Vorwurf, daſs die elastischen Haare, wodurch die Stahlstiftchen in der Röhre festliegen sollen, leicht ihre Elasticität, mindestens zum Theil, verlieren und die Stifte dann durch die Erschütterung beim Heraufziehn oder Herablassen des Instrumentes von ihrer Stelle gerückt werden. Hiergegen läſst sich zwar einwenden, daſs die Elasticität der Haare, die stets im Weingeist liegen, leicht stark genug bleibt, um so kleine Stahlstäbchen, die noch obendrein durch die Adhäsion des Weingeistes unbeweglicher sind, an ihrem Orte zurückzuhalten, da die Erschütterung, namentlich in horizontaler Richtung, als welche zunächst ein Verrücken der Stäbchen zur Folge haben würde, wegen des anhängenden schweren Bleigewichts nicht so bedeutend seyn kann. Dennoch aber kehrte Lenz wieder zum Gebrauche des nach Hales construirten, durch Parrot wesentlich verbesserten Apparates zurück und auch die englischen Seefahrer der neuesten Zeit bedienten sich neben dem

---

1 Ueber ihre Einrichtung s. *Thermometer, selbstregistrirende*.

2 Mém. de Petersbourg. VI. Sér. T. I. p. 237.

Registerthermometer ähnlicher Instrumente, so dafs also das Six-Thermometer in der Ausübung dasjenige nicht zu leisten scheint, was es theoretisch verspricht.

Im Allgemeinen nimmt die Temperatur des Meeres mit der Tiefe ab, so dafs sie an verschiedenen Stellen sogar unter 0° C. herabsinkt, ohne dafs man jedoch irgendwo den Meeresboden gefroren gefunden hat. V. Horner hält dieses für eine Folge des Salzgehaltes, und auf jeden Fall läfst sich keine Ausscheidung von Wärme durch den starken Druck des Wassers in so bedeutenden Tiefen annehmen, indem die Zusammendrückbarkeit des Wassers so unbedeutend ist und den Versuchen nach keine mefsbare Wärme auch durch die stärkste Compression ausgeschieden wird. Der hauptsächlichste Grund, weswegen auf dem Meeresboden keine Eisbildung statt finden kann, liegt wohl ohne Zweifel darin, dafs die Erkältung des Seewassers nicht von der Erde ausgeht, sondern von der Luft, das Meer also von oben herab gefrieren müfste, was in den bekannten Meeren unmöglich ist; zudem müfste sich das am Boden gebildete Eis, wenn es zu grofsen Massen anwüchse, durch sein geringeres specifisches Gewicht losreifsen und emporkommen, abgerechnet dafs zum Gefrieren unter so bedeutendem Drucke wegen der Ausdehnung des Eises eine Kälte erforderlich seyn würde, die sich in der Tiefe nicht wohl finden kann. Ob übrigens unter ganz hohen Breiten nahe an den Polen selbst das Meer bis auf den Grund gefroren ist, liegt aufser der Erfahrung, wird aber dadurch unwahrscheinlich, dafs man dem einen eigentlichen Kältepole sehr nahe gewesen ist, wo jedoch ein solches gänzliches Erstarrtseyn des Meeres nicht statt fand. Vielleicht theilt die Erde dem sie berührenden kalten Wasser Wärme mit[1], gewifs aber ist, dafs namentlich unter höhern Breiten das erkaltete Wasser von der Oberfläche durch sein gröfseres specifisches Gewicht, welches durch die Aufnahme des beim Gefrieren eines Theiles ausgeschiedenen Salzes noch vermehrt wird, in die Tiefe herabsinkt.

38) Versuche über die mit der Tiefe zunehmende Temperaturverminderung sind an vielen Orten unter ungleichen Breitengraden und ziemlich zu allen Jahreszeiten angestellt worden.

1 Journ. de Phys. T. LXII. p. 448.

Die älteren von PHIPPS, IRVING, BAYLY und FORSTER verdienen weniger Vertrauen, weil diese Seefahrer sich sämmtlich bloſs des von HALES für diesen Zweck angegebenen Apparates bedienten. Mit diesem, dem sogenannten *Bucket-Sea-Gage*, maſs Capt. HENRY ELLIS[1] unter 15° 13′ N. B. und 25° 12′ W. L. von Greenw. die Temperatur in Tiefen von 360 bis 5346 Fuſs und fand die Wärme anfangs mit der Tiefe regelmäſsig abnehmend, dann aber stationär, und v. HORNER ist nicht abgeneigt, gleichfalls eine bestimmte Grenze im Meere anzunehmen, von wo aus seine Wärme sich nicht weiter verändert; allein ein solches allgemeines Gesetz läſst sich nicht füglich aufstellen, und es bleibt nur gewiſs, daſs die Gröſse der Veränderung mit der Tiefe abnimmt und an einigen Stellen allerdings stationär wird. In 3900 Fuſs Tiefe fand ELLIS die Temperatur 11°,67 C. und diese blieb constant bis zu der gröſsten erreichten Tiefe von 5346 Fuſs, wobei 23 Minuten erfordert wurden, bis das Instrument die Oberfläche erreichte. Während einer gleichen Zeit, wenn es auf dem Verdecke in diesem Gefäſse stand, wurde es nur 2°,7 C. wärmer, so daſs hiernach die Temperatur der Tiefe mit ziemlicher Genauigkeit gefunden werden konnte. Gleichzeitig war die Wärme der Luft und der Oberfläche des Wassers = 28°,89 C. Nachdem das Wasser aus der Tiefe die Temperatur des an der Oberfläche geschöpften angenommen hatte, wurden gleiche Quantitäten nach einander in der nämlichen Flasche gewogen, und es zeigte sich das erstere schwerer, wonach also der Salzgehalt des Meerwassers mit der Tiefe zunehmen müſste, was jedoch durch neuere Messungen von LENZ widerlegt worden ist. PERON hat mit groſser Sorgfalt gemessen, v. HORNER's Messungen gehören zu den genauesten, und überhaupt sind diese und alle späteren so viel zuverlässiger, weil die Thermometrographen eine weit geringere Fehlergrenze zulassen. Bei weitem die wichtigsten Versuche sind jedoch diejenigen, welche LENZ[2] auf der Entdeckungsreise des Capitain von KOTZEBUE mit dem oben beschriebenen Bathometer anstellte; nur ist ihre Zahl leider nicht so groſs, als

1 Philos. Trans. 1751. T. XLVII. p. 213.

2 Mém. de l'Acad. Imp. de Petersbourg. VI. Sér. T. I. p. 251. Poggendorff Ann. XCVI. 73.

man bei ihrer Vortrefflichkeit wünschen muſs. Es wurde dabei zuerst das Thermometer genau geprüft, und für das nicht absolut cylindrische Caliber der Röhre corrigirt die Reckung des Seiles voraus erforscht, ferner blieb der Winkel, welchen das Seil mit der verticalen Richtung bildete, nicht unberücksichtigt, und endlich wurde auch eine Correction für die während des Heraufziehns von auſsen eindringende Wärme nach einer Formel angebracht, deren durch Versuche ausgemittelte Elemente die Zeitdauer und der Unterschied der Temperaturen sind. Capitain Ross bediente sich auf seiner Entdeckungsreise in die Baffinsbay auſser dem Registerthermometer noch eines eigenthümlichen Verfahrens zur Auffindung der Temperatur des Meeresbodens, und seine Versuche haben zugleich die Ueberzeugung herbeigeführt, daſs selbst in jener stets mit Eis erfüllten Bay der Grund des Meeres nicht gefroren ist. Unter den ihm mitgegebenen Instrumenten befand sich auch eine Zange, welche, in das Meer herabgelassen, beim Aufstoſsen auf den Grund durch ein herabfallendes Gewicht sich schlieſsen, zugleich einen Theil des Bodens fassen und beim Heraufziehn festhalten sollte, um die Beschaffenheit desselben zu untersuchen. Der Apparat entsprach diesem Zwecke nicht, jedoch lieſs Ross ihn durch seinen Schiffsschmidt so abändern, daſs er vollkommen brauchbar wurde, und in dieser Gestalt ist er nebst andern von ihm in einer eigenen Abhandlung[1] beschrieben worden. Beim Gebrauche desselben ergab sich, daſs der heraufgezogene Schlamm nach einigen absichtlich angestellten Vergleichungen mit dem Registerthermometer seine Temperatur während des Heraufziehns nicht merklich änderte, nur muſste man sich dabei starker Seile von 2,5 Zoll Umfang bedienen, wie sie beim Wallfischfange gebraucht werden, und das Heraufziehn muſste rasch geschehn. In diesen heraufgezogenen Schlamm oder Sand des Meeresbodens wurde dann sofort ein Thermometer getaucht und auf diese Weise die Temperatur desselben ermittelt. Die Resultate auch dieser Messungen sind in der folgenden Uebersicht mit aufgenommen, und obgleich rücksichtlich der in der Regel mit der Tiefe abnehmenden Temperatur nicht auf gleiche

---

1. A Description of the Deep Sea Clamms, Hydrophorus and marine artificial Horizon, invented by Capt. J. Ross. Lond. 1819.

Weise, als für die der Oberfläche, die Grade der Breite als Hauptbedingung zu betrachten sind, außerdem aber örtliche Strömungen in der Tiefe oft sehr bedeutend einwirken, so schien es mir doch am zweckmäßsigsten, bei der Zusammenstellung der durch die verschiedenen Beobachter erhaltenen Resultate die Polhöhen als die Reihenfolge bedingend anzunehmen. Es giebt übrigens auch der Beobachtungen über die mit der Tiefe abnehmende Temperatur eine solche Menge, daſs es nicht nöthig schien, sie alle aufzunehmen, jedoch enthält die nachfolgende Zusammenstellung eine genügende Zahl derselben, so daſs es nicht schwer fällt, die in dieser Beziehung statt findenden Gesetze aus ihnen abzuleiten. Bei einigen nahe zusammenfallenden Resultaten schien mir das arithmetische Mittel am geeignetsten. Endlich sind die Bedeutungen der in den einzelnen Columnen enthaltenen Angaben an sich klar, und es wird daher genügen zu bemerken, daſs die Längen sich auf den Meridian von Greenwich beziehn, die Temperaturgrade der Centesimalscale angehören, die Tiefe aber in Faden zu 6 englischen Fuſs angegeben worden ist.

Nördliche Halbkugel.

Breite	Länge	Monat	Temp. d. Oberfl.	Tiefe	Temp. d. Tiefe	Beobachter
0°	20° W.	Mai	28°,5	56	15°,0	Kotzebue[1]
0,5	21 —	—	28,5	69	14,4	- -
1	177 —	—	28,0	300	12,8	- -
2	21 —	—	28,1	78	14,0	- -
2,5	21 —	—	29,0	80	14,6	- -
3	21 —	—	28,8	80	14,8	- -
3,5	22 —	—	28,3	77	15,0	- -
4	23 —	—	28	80	15,1	- -
4,5	24 —	—	28	78	14,3	- -
5	26 —	—	28,1	79	13,5	- -
6	27,5 —	—	27,1	69	13,3	- -
7	28,5 —	—	26,8	61	14,4	- -
7,3	21,9 —	Oct.	25,8	574	2,2	Lenz[2]
8	156 O.	Nov.	30,5	100	13,4	Kotzebue
9	29 W.	Mai	26,2	72	14,5	- -
9,3	155 O.	Nov.	29,0	25	25	- -
				100	19,5	- -
10	154 —	—	28,9	73	14,0	- -
11	151 —	—	28,8	82	13,5	- -
11,5	31 W.	Mai	26,0	65	15,2	- -
12	149 O.	Nov.	28,4	78	19,4	- -
13	32 W.	Mai	24,6	65	14,5	- -
13,5	120 O.	Dec.	27,8	93	16,3	- -
16	33 W.	Mai	24,6	64	18,5	- -
16,5	141 O.	Dec.	28,1	90	20,4	- -
17	140 —	Dec.	27,3	76	21,2	- -
18	34 W.	Mai	26,0	72	20,2	- -
18,5	138 O.	Dec.	27,5	61	22,0	- -
19	114 —	Feb.	22,3	70	14,4	Horner[3]
19,5	133 —	Dec.	26,1	73	19,5	Kotzebue
20	35 W.	Mai	24,5	78	20,1	- -
20,5	83 —	Nov.	26,2	1000	8,5	Sabine[4]
21,3	196 —	Mai	26,4	150,0	16,36	Lenz
				440,1	3,18	- -
				708,8	2,92	- -
				975,1	2,44	- -
22	36 —	—	24,2	61	20,4	Kotzebue
23	37 —	—	25,0	78	20,8	- -

1 Entdeckungsreise nach der Südsee. Weim. 1821. Th. III.
2 Mém. de l'Acad. de Petersbourg. VI. Sér. T. I. p. 280.
3 G. LXIII. 266.
4 Ann. Chim. Phys. T. XXV. p. 55.

Breite	Länge	Monat	Temp. d. Oberfl.	Tiefe	Temp. d. Tiefe	Beobachter
23°	132° O.	Nov.	23°,4	50	22°,2	Horner
				130	18,4	– –
23	178 —	Juni	25,6	25	24,7	– –
				50	21,6	– –
				125	16,6	– –
25,1	157 W.	Febr.	21,5	178	14,0	Lenz
25,2	37 —	Mai	24,4	72	20,5	Kotzebue
26	37 —	Juni	23,4	70	18,7	Horner
				200	17,2	– –
27	147 —	Nov.	25,6	30	21,6	– –
				90	18,2	– –
				100	18,0	– –
				120	18,0	– –
27,5	37 W.	Mai	23,5	75	18,5	Kotzebue
28	152 W.	Sept.	25,0	10	23,5	– –
				25	23,0	
				50	19,5	– –
				100	16,1	– –
				200	10,6	– –
29	161 O.	Juni	24,3	100	16,7	– –
				300	11,1	– –
30	37 W.	Mai	22,8	61	19,0	– –
30	40 —	Juni	22,5	15	21,2	Horner
				30	20,3	– –
				63	18,7	– –
				140	16,6	– –
				170	16,6	– –
				200	16,6	– –
31	134 O	Sept.	27,8	80	21,7	– –
32,1	136,8W.	Aug.	21,5	95,7	13,35	Lenz
				228,0	6,51	– –
				479,8	3,75	– –
				631,5	2,21	– –
32,3	42,5 —	Mai	20,8	1081,5	2,24	– –
32,5	36,5W.	Mai	22,2	65	15,5	Kotzebue
33	170 O.	Juli	21,2	55	15,8	Horner
				200	12,0	– –
34,5	36 W.	Mai	20,7	75	16,7	Kotzebue
35,5	35 —	Mai	23,5	74	16,8	– –
36	147 —	Sept.	22,3	4	22,2	– –
				8	21,6	– –
				15	20,0	– –
				25	14,0	– –
				50	12,2	– –
				100	10,6	– –
				408	6,0	– –

Breite	Länge	Monat	Temp. d. Oberfl.	Tiefe	Temp. d. Tiefe	Beobachter
36°	148° W.	Sept.	22°,1	25	13°,8	Kotzebue
				100	11,5	- -
				300	6,7	- -
37	34 —	Mai	20,4	63	16,7	- -
37	161 O.	Jun.	16,1	10	15,2	- -
				25	13,6	- -
				100	11,5	- -
				300	6,1	- -
38	33 W.	Jun.	20,4	74	16,4	- -
39	31 —	—	19,6	72	15,6	- -
41,2	141,9 —	Mai	19,2	218,5	5,2	Lenz
				545,8	2,1	- -
41,5	27 —	Jun.	17,8	73	14,7	Kotzebue
45,9	15,3 —	Mai	14,6	210,7	10,4	Lenz
				422,5	9,9	- -
46	21 —	—	15,8	60	12,5	- -
46	144 O.	—	1,5	60	0,0	Horner
47	158 —	Sept.	15,5	80	0,6	- -
47,5	20 W.	Juni	15,6	72	12,3	Kotzebue
48	19 —	—	16,7	77	12,3	- -
48,5	13 —	—	16,7	80	11,3	- -
52	160 O.	Juli	6,2	100	— 0,5	Horner
53	144 —	Aug.	12,1	80	— 1,2	- -
53	152 —	Aug.	8,0	14	7,0	- -
				16	2,5	- -
				18	— 0,2	- -
				21	— 1,5	- -
				30	— 1,7	- -
				60	— 1,7	- -
				110	— 1,7	- -
				115	— 1,7	- -
60	44 W.	Mai	3,9	80	2,8	Sabine[1]
—	58 —	Oct.	4,4	900	2,2	- -
61	7 —	—	9,6	470	8,3	- -
—	—	—	5,0	950	2,0	Ross[2]
62	2 —	—	8,3	473	9,4	Parry[3]
64	56 —	Jul.	0,5	80	0,6	- -
66	59 —	Sept.	1,1	310	1,7	Sabine
—	5 O.	—	6,1	260	5,2	Franklin[4]

1 G. LXIII. 259.
2 Dessen Reise. Appendix.
4 G. Ann. a. a. O.
4 Ebend.

Breite	Länge	Monat	Temp. d. Obrfl.	Tiefe	Temp. d. Tiefe	Beobachter
67°	61° W.	Sept.	0°,5	400	0°,5	Sabine
				680	—3,5	- -
—		Juni	0,0	750	—2,7	Peron[1]
—	68 —	—	0,5	80	—1,0	Ross
				200	—1,6	- -
				400	—1,9	- -
				670	—3,9	- -
69		Aug.	3,6	650	0,0	Peron
72	79 —	Sept.	0,0	500	1,6	Ross
				600	1,0	- -
				700	0,5	- -
				800	0,0	- -
				1000	—0,1	- -
				1005	—2,0	- -
—	71 —	—	1,7	1000	—2,0	Sabine
—	73 —	—	2,2	246	—1,1	- -
—	19 —	Aug.	1,1	113	—1,6	Scoresby[2]
73	74 —	—	1,7	190	—1,0	- -
—	79 —	—	0,0	1050	—1,9	Ross
73,5		—	1,4	80	0,0	- -
				200	—1,4	- -
74	77 —	—	1,6	125	—0,7	Parry
				640	—1,4	Ross
—	79 —	Aug.	2,5	235	—1,4	Sabine
75	59 —	Juli	0,0	197	—1,2	Parry
—	77 —	Aug.	2,2	170	—0,6	Sabine
—	4 O.	Sept.	0,0	756	2,2	Franklin
75,5		Juli	1,1	314	0,0	Ross
76	78 W.	Aug.	—0,5	100	—1,0	Parry
				240	—1,2	- -
—	76 —	—	—0,5	80	—0,8	Ross
				420	—1,4	- -
—	63 —	—	1,1	415	—1,7	Sabine
—	66 —	—	0,0	200	—1,0	- -
				421	—1,5	- -
—	9 O.	April	—0,75	50	—0,9	Scoresby[3]
				123	1,0	- -
				230	0,7	- -
—	11 —	—	—2,1	20	—2,2	- -
				50	—2,1	- -
				123	—1,1	- -

1 Dessen Reise u. Journ. de Phys. T. LIX. p. 361. T. LXXII. p. 443. Ann. du Mus. d'Hist. Nat. T. V. p. 123.

2 Tagebuch einer Reise auf d. Wallfischfang. S. 256.

3 Account of the Arct. Reg. T. I. p. 187.

Breite	Länge	Monat	Temp. d. Oberfl.	Tiefe	Temp. d. Tiefe	Beobachter
76°,5	10° O.	April	—1°,1	20	—0,°6	Scoresby
				40	1,7	– –
				60	1,1	– –
				100	1,5	– –
77	78 W.	Aug.	—0,2	100	—0,8	Sabine
				240	—1,4	– –
—	8 O.	Mai	—1,5	20	—1,5	Scoresby
				40	—1,5	– –
				60	—1,1	– –
				100	—1,1	– –
—	12 —	—	0,5	700	6,1	Franklin
77,5	2,5 —	—	—1,67	50	—1,5	Scoresby
				110	—0,6	– –
78	0 W.	Juni	0,0	761	3,3	– –
79	5,5 O.	Mai	—1,67	730	2,8	– –
—	— —	—	—1,67	13	—0,6	– –
				37	0,9	– –
				57	1,5	– –
				100	2,2	– –
				400	2,2	– –
80	5 —	Juni	—1,2	120	2,3	– –
—	9 —	—	1,1	34	1,1	Franklin
—	10 —	Juli	0,2	185	2,5	– –
—	11 —	—	0,2	237	1,9	– –
—	— —	Aug.	—0,9	34	0,6	– –
—	— —	Juli	0,0	60	7,8	Fischer[1]
			0,0	100	7,9	– –
			0,0	140	8,0	– –
			—0,5	304	4,0	– –
—	— —	—	0,0	95	1,8	Beechey[2]
			—0,7	140	2,5	– –
			0,2	200	1,9	– –
			0,0	331	1,8	– –
—	— —	—	—0,6	110	1,9	Franklin
			0,5	120	2,2	– –
			—0,3	130	2,4	– –
			0,0	145	2,1	– –
			0,3	217	2,8	– –
			1,1	285	1,9	– –
			0,2	305	2,2	– –
81	10 +	Juni	1,1	72	1,1	– –
81,5	24 —	Juli	0,2	400	—1,1	Parry[3].

1 G. LXIII. 263.
2 Ebend. 261.
3 Narrative of an Attempt to reach the North-Pole. Lond. 1828. 4. p. 73.

Südliche Halbkugel.

Breite	Länge	Monat	Temp. d.Oberfl.	Tiefe	Temp. d.Tiefe	Beobachter
0°	146° W.	Mai	29°,2	200	14°,2	Horner
0,5	20 —	—	28,3	80	13,9	Kotzebue
1		Febr.	30,6	210	9,4	Peron
1,5	146 —	Mai	28,0	100	15,0	Horner
1		Febr.	31,0	366	7,5	Peron
2	20 —	Mai	28,3	80	13,9	Kotzebue
3	7,5		23,0	1300	5,5	Wauchope[1]
4	18,5 —	Mai	28,0	72	13,3	Kotzebue
5	17 —	—	27,3	63	14,0	— —
6,5	15,5 —	—	27,3	56	15,0	— —
8	14 —	April	26,8	61	17,8	— —
9,5	12,5 —	—	26,4	70	15,6	— —
11	11 —	—	25,8	72	18,5	— —
12,5	10 —	—	25,1	61	15,4	— —
14	8 —	—	24,2	56	16,7	— —
				10	26,1	— —
				20	26,1	— —
15	133 —	—	26,7	50	26,0	— —
				100	22,2	— —
				200	13,3	— —
—	31	Dec.	25,6	60	23,7	Horner
16	5 —	April	23,5	46	17,0	Kotzebue
18	3 —	—	23,0	54	14,5	— —
				125	20,0	— —
18	125 —	—	25,7	175	14,0	— —
				200	12,2	— —
19	1 —	—	22,8	65	17,0	— —
20,5	1 O.	—	23,1	61	16,0	— —
30	15 W.	Oct.	23,5	196	13,5	— —
30,5	15 O.	April	19,8	200	9,7	— —
33	30 —	März	22,0	145	16,9	— —
34	28 —	—	21,7	54	17,8	— —
35	23 —	—	20,0	86	10,8	— —
39	13 W.	Oct.	20,6	138	12,8	— —
39,5	11 —	—	20,2	100	13,2	— —
44,5	57 —	Jan.	12,7	196	3,7	— —
52	68 —	Febr.	11,9	55	7,8	Horner
55		Dec.	—1,1	100	1,1	Forster[2]

1 Ann. of Philos. 1819. Apr. p. 314. Dublin philos. Journ. N. II. p. 491.

2 G. LXVI. 144.

Breite	Länge	Monat	Temp. d. Obrfl.	Tiefe	Temp. d. Tiefe	Beobachter
56°	90	März	7°,7	50	6°,9	Forster
				200	5,8	- -
57	80	—	6,5	100	4,0	- -
59	71	—	4,5	60	3,8	- -
				100	2,2	- -

39) So ungleich und zuweilen sogar einander widersprechend die hier mittgetheilten Resultate zahlreicher Messungen auch sind, so gehen doch aus ihnen einige Folgerungen hervor, deren wesentlichste ich kurz zusammenstelle.

a) Vor allen Dingen ist unverkennbar, daſs die Temperatur des Meeres überall mit der Tiefe abnimmt. Als Ausnahmen hiervon kommen in der Tabelle bloſs diejenigen vor, die im nördlichen Polarmeere unter hohen Breiten gefunden werden; allein es giebt auch noch andere, z. B. die durch v. Horner[1] erwähnten, daſs nämlich im Golphstrome an der Küste von America das aus 80 bis 100 Faden heraufgezogene Bleiloth über die Siedehitze des Wassers warm zu seyn pflegt, und ähnliche Stellen mögen sich noch sonstige finden, wo das Wasser durch unterirdische Vulcane partiell erhitzt wird.

b) Ein eigentliches Gesetz über die mit der Tiefe abnehmende Wärme, wollte man dieses für das Wasser ebenso, wie für die Erdrinde und die Atmosphäre aufsuchen, läſst sich aus den mitgetheilten Beobachtungen nicht ableiten und ist vielleicht gar nicht vorhanden, weil das Wasser ungleich langsamer erwärmt wird, als die Luft, die einmal erhaltene höhere Temperatur minder leicht wieder verliert und auf gleiche Weise allgemeinen und partiellen, wenn gleich nicht so schnell bewegten, Strömungen unterworfen ist. Als merkwürdige Ausnahme verdient bemerkt zu werden, daſs Finlayson[2] unweit des 2000 Fuſs hohen Pics von Narrondam unter 13° 24′ N. B. und 94° 12′ östl. L. von Gr. das Wasser in 280 Fuſs Tiefe nur 1°,4 C. kälter fand, als an der Oberfläche. Auch Flinders[3] fand unweit des Vorgebirges der guten Hoffnung un-

1 G. LXIII. 276.

2 Voyage to Siam and Hui. cet. p. 33.

3 Reise nach dem Austral-Lande. D. Ueb. Weim. 1816. S. 181.

ter 36°, 36' S. B. die Temperatur der Oberfläche = 17°,7 und in 150 Faden Tiefe = 17°,2. Aehnliche minder auffallende Ausnahmen kommen häufiger vor, wie unter andern auch durch Lenz unter 45° 53' N. B. und 15° 17' W. L. im atlantischen Ocean eine ungewöhnlich geringe Wärmeabnahme gefunden wurde, vermuthlich wegen der Nähe des Landes oder wohl noch wahrscheinlicher wegen Einflusses des Golphstromes. Im Allgemeinen ist aber die Wärmeabnahme so viel stärker, je höher die Temperatur der Oberfläche ist, zeigt sich weit auffallender in den höheren als in den tieferen Schichten und hört in einigen Fällen ganz auf, ohne dafs wir jedoch berechtigt sind, einen constanten Wärmegrad überall in gewisser Tiefe anzunehmen, wie v. Horner aus seinen Messungen unter 30° N. B. zu folgern geneigt war.

c) Unter den tieferen Schichten von geringerer Temperatur werden zwar ausnahmsweise wieder wärmere gefunden, allein blofs in Folge partiell wirkender Ursachen und keineswegs so, dafs es als Regel oder nur als häufige Ausnahme zu betrachten wäre. Blofs an solchen Stellen, wo das Wasser durch unterirdische Vulcane bedeutend erhitzt wird, wie so eben angegeben ist, findet sich diese Ausnahme von der allgemeinen Regel, und aufserdem im nördlichen Polarmeere zwischen Grönland und Spitzbergen vom 76sten Grade nördl. Breite an, worüber sogleich weitere Bemerkungen folgen werden. Es liegt übrigens in der Natur der Sache, dafs Fälle dieser Art nur selten vorkommen können, da das wärmere und demnach leichtere Wasser aufsteigen mufs, mithin blofs dann in gröfseren Tiefen gefunden werden kann, wenn es dort unmittelbar erwärmt oder durch starke Strömung am Aufsteigen gehindert wird.

d) Bis zu welchem Grade erkältetes Wasser in der Tiefe gefunden werde, läfst sich nicht wohl bestimmen, da an vielen Stellen der nördlichen und südlichen Polarmeere noch keine Messungen vorgenommen worden sind; inzwischen ist nicht wahrscheinlich, dafs die Temperatur irgendwo bis unter den Gefrierpunct des Seewassers, also etwa —5° C., herabgehn oder dafs der Boden mit Eis bedeckt und selbst gefroren seyn sollte, weil man an sehr kalten Orten mitten zwischen dem Eise in der Baffinsbay keine so niedrige Temperatur und auf jeden Fall kein Eis gefunden hat; aufserdem aber ist das Gefrieren des

Seewassers von einer Ausscheidung des Salzes begleitet, das in der Nähe des sich bildenden Eises vorhandene salzreichere Wasser würde sich dann senken, das Eis dagegen ein Bestreben haben, wegen seines geringern spec. Gewichtes aufzusteigen; beide vereinte Ursachen aber müfsten das Ansetzen des Eises auf dem Boden hindern. Da man jedoch versunkene Boien und selbst Ketten vom Grunde des Meeres (nicht gerade des tiefsten, unfern der Mündung der Elbe) durch angesetztes Eis emporkommen gesehn hat und einige hoch nördliche Küsten, namentlich in der Eschscholz-Bay, aus blofsem Eise von ungemessener Tiefe bestehn, so kann man nicht gewifs wissen, wie weit namentlich die letzteren sich in das Meer hinein erstrecken und ob nicht irgendwo der Meeresboden aus Eis besteht, welches durch das kalte berührende Wasser nie geschmolzen wird.

e) Ein bestimmter und durch genaue Zahlenverhältnisse nachweisbarer Unterschied zwischen der nördlichen und südlichen Halbkugel findet nicht statt, jedoch reichen die vorhandenen Messungen nicht hin, um hierüber zu entscheiden. Für diesen Zweck müfsten in den correspondirenden Monaten in gleichen Tiefen und in gehöriger Anzahl angestellte Messungen vorhanden seyn, um aus ihnen ein mittleres Resultat zu entnehmen. Uebrigens ist es auffallend, dafs die gröfste Wärme der Oberfläche sowohl, als auch der tiefer liegenden Wasserschichten nicht unter den Aequator, sondern in beiden Erdhälften, insbesondere aber in der nördlichen, zwischen 10° und 20° der Breite fällt. Für höhere Breiten fehlt es in der südlichen Halbkugel noch zu sehr an Messungen, um eine Vergleichung mit der nördlichen anzustellen.

f) Die auffallendste Anomalie zeigt sich im nördlichen atlantischen Oceane zwischen ungefähr 15° östl. und 15° westl. Länge von Greenwich, insbesondere wenn man die dort in der Tiefe gemessenen Temperaturen mit denen vergleicht, die in der Baffinsbay gefunden werden. An beiden Orten sind der Messungen in den verschiedensten Tiefen sehr viele angestellt und zur bessern Begründung des Urtheils in genügender Zahl in der mitgetheilten Uebersicht aufgenommen worden. Die in der Baffinsbay namentlich durch Ross, Parry und Sabine in gröfseren Tiefen gefundenen Temperaturen stimmen ganz

mit den Resultaten der in allen übrigen Meeren angestellten Messungen überein, wonach die Temperatur mit der Tiefe abnimmt, wenn auch um eine unbedeutende Gröfse in denjenigen Meeren, deren Oberfläche nicht viel über den Gefrierpunct des Wassers erwärmt ist, im grönländischen Meere dagegen zeigt sich zwischen den angegebenen Längen und ungefähr vom 75sten Breitengrade an die sonderbare Anomalie, dafs das Wasser in der Tiefe nicht blofs an Temperatur nicht abnimmt, sondern an vielen Stellen sogar eine Zunahme der Wärme erhält. Von keinem Orte giebt es so zahlreiche Messungen, als aus jenen Breiten, wo sie durch die verschiedensten Seefahrer, namentlich Beechey, Fischer, Sabine, Franklin und insbesondere den bekanntlich so höchst sorgfältig experimentirenden Scoresby, in gröfster Menge und mit so genau übereinstimmenden Resultaten angestellt worden sind, dafs sich an der Richtigkeit der auf das genaueste übereinstimmenden Resultate durchaus nicht zweifeln läfst. Höchst merkwürdig ist dann hiernach das Ergebnifs, dafs die Temperatur der allgemein herrschenden Regel zuwider nicht nur mit der Tiefe nicht abnimmt, sondern vielmehr wächst. Scoresby kannte, als er seine Versuche anstellte, die ihren Ergebnissen widersprechenden Resultate, welche aus den Messungen anderer Beobachter unter gleichen Parallelen, aber unter verschiedenen Meridianen hervorgehn, und fand die Sache um so überraschender, als er selbst unter 72° N. B. und 19° westl. L. in 113 Faden Tiefe, 5 Faden über dem Grunde, die Temperatur nicht blofs niedriger, als an der Oberfläche, sondern selbst unter der des gefrierenden Wassers fand, so dafs also die partielle Wärme sich nicht bis zu dieser Breite und Länge hin erstreckt. Nach seiner Ansicht[1] strömt der Golphstrom auf der Oberfläche den norwegischen Küsten entlang bis zum Nord-Cap, wird alsdann durch einen westlichen Strom umgewandt in die Richtung nach Nordwest und hindert so das Polareis in die Nordsee zu treiben. Aus der in der Nähe von Spitzbergen in 100 bis 200 Faden Tiefe herrschenden Wärme von 6 bis 7 Grad über die der Oberfläche folgert er dann, dafs dieser Strom sich dort in die Tiefe senken und zum Unterstrome werden müsse. Um diesen Widerspruch mit be-

1 An Account of the Arctic Regions. T. I. p. 209.

kannten hydrostatischen Gesetzen auszugleichen, nimmt Scoresby an, daſs das Seewasser einige Grade über 0° C. am dichtesten sey, und obgleich Rumford[1] gefunden zu haben behaupte, daſs beim Seewasser ein solcher Punct der gröſsten Dichtigkeit nicht vorhanden sey, so beweise doch eben dieser Strom das Gegentheil, welcher nothwendig Wasser aus südlichen warmen Regionen in der Tiefe den Gegenden um Spitzbergen zuführen müsse. Allein es ist aus spätern Versuchen genügend erwiesen, daſs ein solcher bei süſsem Wasser statt findender Punct der gröſsten Dichtigkeit bei Seewasser nicht angetroffen werde, und an diesem unwiderleglichen Argumente scheitert also die gegebene Erklärung, die auſserdem noch andere gewichtige Argumente gegen sich hat. Da nämlich unter 76° nördl. B. und etwa 10° östl. Länge das Meer in der Tiefe weniger warm ist, als unter 80° N. B. und ungefähr unter gleicher Länge, so ist an einen bis dahin reichenden, von Süden herkommenden warmen Strom nicht wohl zu denken, um so weniger, als es unwahrscheinlich seyn würde, daſs ein solcher bis zu jener Strecke hin sein warmes Wasser bloſs in der Tiefe erhalten sollte, und man muſs daher zu der Hypothese seine Zuflucht nehmen, daſs in jener Gegend unter dem Meere befindliche vulcanische Feuer die Erwärmung des Wassers bewirken. Ob diese mit den isländischen zusammenhängen, ob irgendwo ein einzelner verdeckter Krater vorhanden ist, welcher auf einen kleinen Raum beschränkt dem Wasser die ungewöhnliche Wärme ertheilt, oder ob im weitern Umfange der Boden durch unterirdische Verbrennungsprocesse erwärmt wird, ob endlich auch dieses auffallende Phänomen mit der oben (§. 8.) erwähnten Hebung Scandinaviens zusammenhängt und diese örtliche Erwärmung vorzugsweise die in jener Gegend statt findende bedeutende Krümmung der isothermischen Linien bewirkt, so daſs wohl gar nach dem Erlöschen der dort so lange schon thätigen unterirdischen Feuer die Westküste Europa's auf eine gleich tiefe Temperatur herabsinken könnte, als die gegenüber liegende America's, wodurch dann der Fall einer bedeutenden Veränderung des Klima's gegeben würde, alles dieses sind Fragen, welche hier nur angedeutet werden können und

---

1 Dessen Essays. T. II. p. 302.

deren Entscheidung erst durch künftige weitere Forschungen weiter ausgemittelt werden mufs[1].

40) Man hat schon früh die Entdeckung gemacht, dafs das Meer über Untiefen, insbesondere über Felsen, eine Verminderung der Temperatur erleidet, und dafs diese um so schneller abnimmt, je steiler die Küsten sind. So viel ich weifs, war Franklin der erste, der dieses beobachtete und nach dessen Aeufserung Jonathan Williams[2] vorschlug, die Annäherung an verborgene Klippen durch das Thermometer zu erforschen. Später hat hauptsächlich v. Humboldt die Erscheinung beobachtet, indem er das Thermometer plötzlich von 25°,6 auf 22°,5 C. herabsinken sah[3], so dafs ein gewöhnliches Weingeistthermometer die Annäherung an verborgene Klippen warnend verkündigt[4]. In zwei Beobachtungen[5] sah dieser Reisende das eine Mal über einer Sandbank das Thermometer auf 13°,3 bis 12°,5 sinken, ungeachtet es in der ganzen Umgebung 15° bis 15°,3 C. zeigte, und das andere Mal über der Sandbank zwischen Tabago und Granada auf 23°, während es im offenen Meere 25°,6 angab. Mehrere Thatsachen zur Bestätigung dieses paradoxen Verhaltens hat John Davy auf seiner oben erwähnten Reise nach Ceylon gesammelt, und so läfst sich nach diesen und andern glaubhaften Zeugnissen die Thatsache nicht wohl bestreiten, obgleich sie mit andern Erscheinungen, wonach seichtere Teiche durch den Einflufs der Sonnenstrahlen wärmer zu seyn pflegen, als tiefere, und das über flachen Ufern mehr stagnirende Wasser der Flüsse eine höhere Temperatur zu haben pflegt, im Widerspruche steht. Wirklich behaupten auch Saussure und Marsigli am mittelländischen Meere, Donati beim adriatischen Meere, Peron an den flachen Küsten Neuhollands das seichtere Wasser in der Nähe des Landes wärmer gefunden zu

---

1 Vergl. Art. *Temperatur*, wo auch der Einflufs dieser partiellen Erwärmung auf die magnetischen Pole zur Erörterung kommen wird.

2 Thermometrical Navigation. Philad. 1790. 8. Vergl. Transact. of the Amer. Soc. T. III. p. 82.

3 G. IV. 455.

4 Ebend. VII. 343.

5 Relation Histor. T. I. p. 55 u. 213. Vergl. Ann. Ch. Phys. T. V. p. 395.

haben[1], und der Letztere stellt es als unzweifelhaftes Gesetz auf, daſs das Meer an und über den Küsten, namentlich den flachen, wärmer sey, als auf hoher See; wie es denn auch natürlich scheint, daſs die Sonnenstrahlen, die das durchsichtige Wasser durchdringen, in dem dichteren und undurchsichtigen Boden eine gröſsere Wärme erzeugen, wenn auch die durch Peron zu Hülfe genommene Wärme-Entbindung durch die zahllosen Thiere, welche solche flache Meeresgründe zu bedecken pflegen, unberücksichtigt bleibt. Sollen diese einander widersprechenden, aber beiderseits wohl begründeten Zeugnisse vereinigt werden, so müssen wir annehmen, daſs die einen von den minder tiefen Theilen des Meeres reden, die sich über und neben groſsen, weit ausgedehnten Küsten hin erstrecken und wo allerdings das Wasser wärmer seyn mag, die andern aber von Sandbänken, Untiefen und Felsen, die sich aus dem tiefern Meeresgrunde oft in bedeutender Entfernung von Continenten und Inseln erheben.

v. Humboldt hat keine eigentliche Erklärung des paradoxen Phänomens versucht, wohl aber Humphry Davy, als er die von seinem Bruder ihm mitgetheilten Beobachtungen bekannt machte[2]. Nach der Ansicht des scharfsinnigen Britten erzeugen die Sonnenstrahlen Wärme im Wasser des Meeres und diese ist an der Oberfläche am stärksten, eben hier aber findet auch ein Wärmeverlust durch Strahlung und Verdunstung statt; im tiefen Meere sinkt dann das hierdurch erkältete Wasser herab, und entzieht sich somit der Messung, an flachern Stellen kann es aber nicht so tief herabsinken und muſs daher das Thermometer afficiren. Wird dann gleich das Wasser an den Küsten durch die Sonnenstrahlen, die den Boden treffen, erwärmt, so strömt dagegen bei Nacht die kältere Luft vom Lande, welches durch die Strahlung schneller, als das Wasser erkaltet, dem Meere zu und kühlt die Oberfläche ab. Beide vereinte Ursachen sollen also dieses auffallende Phänomen erklären. Es läſst sich indeſs allerdings entgegnen, daſs das seichtere Wasser bis an den Boden nach der gangbaren Theorie durch die auffallenden Sonnenstrahlen ebenso-

---

1 G. XIX. 432.

2 Aus Journ. of Sc. T. III. von 1817 in G. LXVI. 139. Journ. de Phys. T. LXXXV. p. 169.

viel Wärme erhalten muſs, als im weiten Meere bis zu gleicher Tiefe, worauf dann der Boden den ganzen Rest des auffallenden Lichtes verschluckt, mithin wärmer werden muſs, als eine transparente Wasserschicht in der nämlichen Tiefe, die erzeugte Wärme müſste dann dem berührenden Wasser mitgetheilt und dessen Temperatur dadurch erhöht werden, woraus aber ein Aufsteigen desselben und somit eine stärkere Erwärmung der ganzen Lage folgen würde, die durch die herbeiströmende kalte Luft nicht compensirt werden könnte. Will man dem Boden der Untiefen Wärmestrahlung beilegen und dadurch eine Erkaltung entstehn lassen, so würde diese sich bloſs der berührenden Schicht mittheilen, die dadurch spec. schwerer geworden nicht aufsteigen könnte, wobei man unmöglich annehmen kann, daſs die (überhaupt so räthselhafte sogenannte) Strahlung des Bodens das darüber befindliche Wasser in Folge der durchgehenden Wärme zu einer stärkern Strahlung und in deren Folge zu einer gröſsern Abkühlung disponiren sollte, als welche auf der hohen See statt findet.

Man ist einmal geneigt, bei ungewöhnlichen Wärmephänomenen zur sogenannten Strahlung seine Zuflucht zu nehmen, sonst lieſse sich wohl ein einfaches Mittel finden, beide widersprechende Phänomene zu vereinigen. Daſs flachere Gewässer überhaupt wärmer sind, als tiefere, weil die sonst in gröſsere Tiefe eindringenden Sonnenstrahlen vom Boden aufgefangen werden und dort mehr Wärme entwickeln, ist eine allgemein bekannte Sache. Ueber Felsen und Untiefen im weiten Ocean und an den Küsten desselben müſste der nämliche Erfolg statt finden, allein bei diesen steigen die bewegten Wassertheile aus der Tiefe, wie auf einer geneigten Ebene empor und erzeugen hier eine gröſsere Kälte. Daſs aber die Bewegungen des Wassers sich bis zu bedeutenden Tiefen herab erstrecken und durch diese auch der Sand aus der Tiefe am Ufer aufgehäuft werde, wird im nächst-nächstfolgenden Abschnitte gezeigt werden.

G. Gefrieren des Meeres.

41) Die ungeheuer grofsen und mannigfaltig gestalteten Eismassen in den Polarmeeren haben von jeher die Aufmerksamkeit der Seefahrer und der Küstenbewohner jener Gegenden in Anspruch genommen und sind daher sowohl wegen des überraschenden Anblicks, den sie gewähren, als auch wegen der grofsen Gefahren, die sie drohen, vielfach beschrieben und durch Zeichnungen anschaulich gemacht worden; in wissenschaftlicher Hinsicht ist es jedoch wichtiger, die Art ihres Entstehens genauer zu kennen. Früher herrschte die, namentlich durch Buffon vertheidigte Ansicht, das Seewasser gefriere überhaupt nicht, theils weil es als gesalzen der Eisbildung widerstehe, theils weil die stete Bewegung des Meeres, namentlich in den Polarzonen, die zum Erstarren erforderliche Ruhe nicht gewähre. Eingeschlossene Meere, als die Ostsee[1], das Meer von Marmora und das schwarze Meer, zeigten zwar die Wirklichkeit des Gefrierens, auch fand man die Buchten der scandinavischen Küste mit Eis bedeckt, allein jene eingeschlossenen Meere haben einen minderen Salzgehalt und in den Buchten glaubte man die Eisbildung durch die gröfsere Ruhe und die Nähe der Ufer erleichtert, abgerechnet dafs der hineinfallende Schnee auf der Oberfläche schwimmend zu einer festen Decke erstarren mufste. Als ein vorzüglich gewichtiges Argument galt die frühzeitig gemachte Erfahrung, dafs das Meereis beim Schmelzen süfses Wasser giebt, und man glaubte daher, alles Eis im offenen Meere werde durch die Flüsse hineingeführt, oder rolle von Gletschern am Lande herab, oder entstehe an den Küsten, von denen es dann losgerissen werde und daher oft noch Theile des Bodens, Kräuter und Steine auf und in sich mitführe. Diese ursprünglich kleinen, wegen ihres geringeren spec. Gewichtes stets zum Theil aus dem Wasser hervorragenden Massen sollten dann durch auffallenden Regen und Schnee zu der enormen Gröfse anwachsen, welche die Beobachter mit Furcht und Staunen

1 Noch 1809 war der bothnische Meerbusen bis Ende Aprils so stark gefroren, dafs die schwersten Lasten hinüber gefahren wurden, auch russische Truppen einen Uebergang beabsichtigten. Catteau de Calleville a. a. O. S. 135.

erfüllt. Erst die neueren Reisenden haben die Thatsache unwiderleglich festgestellt, dafs die Oberfläche der See wirklich und auf gleiche Weise gefriert oder mit Eis bedeckt wird, als die des süfsen Wassers.

42) Um über die Entstehung des Meereises urtheilen zu können, bedurfte es der Versuche des Gefrierens von gesalzenem Wasser, die vorzugsweise PARROT[1] angestellt und in Folge eines aus Mifsverständnifs entstandenen Widerspruches mit vermehrter Genauigkeit wiederholt hat. Als Hauptresultat geht hieraus hervor, dafs Wasser mit 0,03 Salz bei einer Erkaltung von — 4° R. in Eis verwandelt wird, welches nach dem Schmelzen das aufgelöste Salz in seiner Masse eingeschlossen enthält. Wiederholte weitere Versuche mit solchem und anderem ungleich stark gesalzenen Wasser zeigten aber ferner, dafs zwar das aus diesem entstandene Eis allezeit eine durch Reagentien leicht wahrnehmbare Menge von Salz enthalte, dafs aber dennoch der Krystallisations-Procefs des Gefrierens allezeit mit einer Ausscheidung von Salz verbunden sey, indem fortschreitend zuerst weniger gesalzenes Wasser gefriert, dann bei zunehmender Kälte fortschreitend das mehr gesalzene, bis zuletzt alles, ohne Zurücklassung von selbstständigen Salzkrystallen, in Eis verwandelt wird, an welchem jedoch die rauheren Theile durch äufsere Kennzeichen den stärkeren Salzgehalt darthun. Hiernach kann also der obendrein geringe Salzgehalt des Seewassers dieses nicht gegen das Gefrieren schützen, vielmehr liegt der Gefrierpunct des Salzwassers zunehmend tiefer unter dem des süfsen Wassers, je gröfser die Menge des aufgelösten Salzes ist, bis zum Sättigungsgrade, und alles aus dem Salzwasser entstandene Eis enthält stets eine gewisse Menge Salz in sich, jedoch das zuerst oder in geringerer Kälte entstandene nicht soviel, dafs es nach dem Aufthauen ein nicht trinkbares oder nur durch den Geschmack sich als gesalzen ankündigendes Wasser liefern sollte. Dafs Salzwasser überhaupt gefriere und zugleich für höhere Grade der Sättigung einer tiefern Temperatur hierzu bedürfe, wufste man schon aus den Versuchen von CHAPTAL und MONGE[2] und aus den frühern von BLAGDEN[3].

1 G. LVII. 144.
2 Ann. de Chim. T. LIV. p. 139. Daraus in G. XXIII. 350.
3 Philos. Trans. 1788. p. 143. 311.

Letzterer will zugleich das Gesetz aufgefunden haben, daſs die Mengen des Salzes, welche in reinem Wasser aufgelöst wurden, den Wärmegraden unter 0° C., wobei letzteres gefriert, direct proportional sind. Eine Auflösung, deren Gehalt $\frac{1}{100}$ an Salz betrug, gefror bei — 1°,9 C. und so muſste also eine von $\frac{1}{10}$ bei — 15°,6 gefrieren, was auch bei dieser, ebenso wie bei 7 andern zwischen diesen Extremen liegenden Lösungen, so genau zutraf, daſs bei keinem Versuche der Unterschied zwischen den beobachteten und den berechneten Werthen 0°,5 C. erreichte. Beträgt der Salzgehalt des Meerwassers $\frac{11}{410}$ (etwas über 2,68 Procent), so muſs sein Gefrierpunct = — 1°,7 C. seyn und der durch Nairne[1] gefundene = — 1°,94 wäre demnach aus dem gröſsern Salzgehalte sehr wohl erklärlich. Blagden nahm auſserdem an, daſs reines Wasser bei 4°,4 C. seine gröſste Dichtigkeit habe, und um das Verhalten des Salzwassers in dieser Beziehung zu prüfen, setzte er eine Lösung von 1 Th. Kochsalz in 4,8 Th. Wasser, welche der Rechnung nach bei — 12°,9 C. gefrieren muſste, der Kälte aus. Die Zusammenziehung der Masse fand statt bis — 8°,3, aber bei — 9°,4 war schon eine Ausdehnung merkbar, woraus Blagden folgert, daſs der Punct der gröſsten Dichtigkeit bei — 8°,5 und also 4°,4 über dem Gefrierpuncte liege, auch ist er geneigt, als allgemeines Gesetz anzunehmen, daſs ein wachsender Zusatz von Salz den Punct der gröſsten Dichtigkeit und den Gefrierpunct gleichmäſsig tiefer herabbringe. Dieses kann jedoch nicht der Fall seyn, denn sonst könnte der Punct der gröſsten Dichtigkeit des Seewassers auf keine Weise tiefer als — 2° C. liegen und das in der Tiefe gefundene kältere Wasser müſste nach statischen Gesetzen aufsteigen.

43) Die genauesten Versuche über das Verhalten des der Kälte ausgesetzten Seewassers hat Marcet[2] angestellt und die von ihm erhaltenen Resultate stimmen auf das genaueste mit denen überein, die ich selbst vermittelst eines ganz verschiedenen Verfahrens aufgefunden habe. Der von jenem gebrauchte Apparat ist nicht von der Art, daſs er wegen künftig zu wiederholender Versuche beschrieben zu werden verdiente, in-

---

1 Phil. Trans. 1776.

2 S. dessen oben angezeigte Abh.

zwischen war er tauglich genug, um bei sachgemäfser Behandlung hinlänglich genäherte Resultate zu geben. Zuerst liefs Marcet Seewasser in Gefäfsen gefrieren, wobei zwar die ganze Masse in Eis verwandelt wurde, allein nach dessen Herausnehmen fanden sich einige Tropfen sehr gesalzenen Wassers als Rückstand; stets stieg das Thermometer im gebildeten Eise auf — 2°,22 C. Bei den nachherigen Versuchen mit dem zur Auffindung des Zusammenziehens zugleich dienenden Apparate ergab sich, dafs das Seewasser sich fortdauernd zusammenzieht, bis es in Eis verwandelt wird. Nach genauern Beobachtungen dauerte die Zusammenziehung desselben bis — 5°,56 C. fort und von hier an schien ein Stillstand oder eine beginnende Ausdehnung statt zu finden, deren Bestimmung zwar wegen der Zusammenziehung des Glases schwierig war, jedoch blieb auch nach einer Correction hierfür stets noch eine beginnende geringe Ausdehnung übrig. Ging aber die Erkaltung bis auf — 7°,5 herab, so schofs das Wasser in der engern Röhre des gebrauchten Apparats schnell empor, das Thermometer stieg sogleich auf — 2°,22 und alles Wasser war in Eis verwandelt. In einem von mir angestellten beiläufigen Versuche sah ich gleichfalls künstlich bereitetes Seewasser sich bis — 4°,38 C. fortwährend zusammenziehn, nach einiger Zeit aber war durch zunehmende Kälte die Kugel des Apparates zersprengt und in das Röhrchen desselben ein Eiscylinder hinaufgetrieben. Bei der spätern Bestimmung des Gesetzes der Ausdehnung des Seewassers durch Wärme[1] ergab die Differentiirung der hierfür aufgefundenen Formel den Punct der gröfsten Dichtigkeit etwas unter — 5°,25 C., so genau mit Marcet's empirisch gefundenem Resultate übereinstimmend, als zwei so ganz verschiedene Methoden nur zulassen; ja wenn es heifst, dafs bei — 5°,56 schon eine beginnende Ausdehnung von ihm wahrgenommen worden sey, so übersteigt die Differenz kaum 0°,1 C. und liegt also ganz aufser den Grenzen solcher Messungen. Hiernach mufs also der Punct der gröfsten Dichtigkeit des Seewassers bei — 5°,5 und der Gefrierpunct desselben zwei Grade tiefer bei — 7°,5 C. gesetzt werden.

---

1 Mém. présentés à l'Acad. Imp. des Sc. de St. Petersbourg. T. I. p. 71.

Diese beiden Bestimmungen setzen jedoch voraus, dafs die Zusammenziehung sowohl, als auch das Gefrieren des Seewassers ohne eine Aenderung seines Mischungsverhältnisses erfolge, was nur dann zuweilen oder meistens geschieht, wenn die dasselbe einschliefsende Hülle der Wärmeentziehung überall einen gleichmäfsigen Zutritt gestattet und die äufserlich einwirkende Kälte hinlänglich stark ist, um ein etwas rasches Gefrieren herbeizuführen. Je gröfser dagegen die vorhandene Wassermasse im Verhältnifs zu der Oberfläche ist, auf welche die Kälte einwirkt, um desto leichter beginnt eine Ausscheidung von Salz und ein partielles Gefrieren des hiernach minder salzreichen Wassers. Unter keinen andern Verhältnissen gefriert daher das Seewasser bei einer höhern Temperatur, als auf der Oberfläche des Meeres selbst, und aus dieser Ursache wird der Gefrierpunct desselben meistens höher angegeben, als Marcet ihn gefunden hat und er nach dem Wärmegrade liegen kann, wobei das Seewasser seine gröfste Dichtigkeit hat. Am gehaltreichsten hierüber sind die Mittheilungen von Scoresby, welcher die Entstehung und die Beschaffenheit des Meereises am anhaltendsten und am aufmerksamsten beobachtet hat[1]. Nach ihm ist das Salzwassereis porös, weifs, undurchsichtig, weicher und leichter als Süfswassereis, grünlich gefärbt und giebt beim Schmelzen süfses oder etwas gesalzenes Wasser. Nie erhielt Scoresby aus Seewasser dichtes und durchsichtiges Eis, und wenn Marcet ein solches bereitete, so sieht man hieraus, dafs jenes die Regel, dieses die Ausnahme ist. Scoresby gesteht zu, dafs sich ein Streben nach Entstehn eines dichten Eises in der Ausscheidung des Salzes zeige, denn wenn bei sehr kaltem Wetter der Schaum der Wellen auf dem Schiffe gefriert, so bleibt stets etwas Wasser ungefroren zurück, was sehr salzig ist. Das gewöhnliche Seewasser des grönländischen Meeres von 1,0263 spec. Gewichte gefriert bei — 2°01 C., ist es aber durch Frost bis 1,1045 concentrirt, so gefriert es erst bei — 10°,2 und völlig mit

1 G. LXII. 1 ff. Sehr ausführlich in: An Account of the Arctic Regions cet. Edinb. 1820. II Voll. 8. T. I. p. 225 ff. Viele Nachrichten über das Polareis der südlichen Hemisphäre finden sich in den Reiseberichten von Cook, Weddel, Forster u. a., über das der nördlichen Erdhälfte in denen von Hudson, Davis, Baffin, Ellis, Frobisher, Middleton, Ross, Parry, Fischer, Franklin u. a.

Seesalz gesättigtes bei — 20°. Einst fand Scoresby[1] in einer heitern Nacht die See überall um das Schiff herum gefroren, obgleich das Thermometer in der Höhe des Verdecks nicht unter 0°,5 C. herabging; er leitet dieses von der Strahlung her, doch ist zu berücksichtigen, dafs das Meer mit Eisbergen erfüllt war. In einem andern Falle[2] gefror das Meer bei einer Temperatur der Luft von 2°,22 C., die um 2 Uhr Morgens bis 0°,56 herabging, und das erzeugte Eis war so fest, dafs der Lauf des Schiffes bei einem leichten Winde bisweilen dadurch gehemmt wurde. Auch damals lagen Eisberge umher, und dann gefriert die See in der Regel stets, sobald die Sonne 4 bis 5 Grade unter dem Horizonte ist, jedoch nur bei heiterem Himmel, denn bei wolkigem geschieht dieses nicht anders als bei einer Temperatur von — 1°,67 C.

Capitain Ross[3] und seine Begleiter hatten während ihres fast dreijährigen unausgesetzten Aufenthalts mitten zwischen dem ewigen Eise die beste Gelegenheit, das Verhalten desselben zu beobachten. Sie nahmen wahr, dafs die Dicke desselben stets zunahm, bis ans Ende des Monats Mai, und dafs es auf der See 10 Fufs, auf einem Teiche aber 11 Fufs erreichte. Das Wasser dicht unter dem Eise hatte eine Temperatur von — 2°,78 C. Das Vorurtheil, als könne auf offener See kein Eis entstehn, verwirft Scoresby gänzlich, obgleich nicht zu leugnen ist, dafs die in Buchten herrschende Ruhe die Eisbildung begünstigt. Selbst im bewegten Meere bilden sich Eiskrystalle, die dem nicht geschmolzenen Schnee gleichen und bei ihrem Entstehn die Oberfläche ruhig machen, bald an einander schiefsen und eine feste Decke bilden würden, wenn die Wellenbewegung dieses nicht hinderte; die Schiffer nennen dieses Gebilde *sludge*. Die Eistafeln werden indefs in Stücke von höchstens 3 Zoll Durchmesser zerbrochen, die sich nach dem Dickerwerden vereinigen, durch Anstofsen abrunden und bis zu 1 Fufs Dicke und mehrern Klaftern im

1 Tagebuch einer Reise auf d. Wallfischfang u. s. w. Ueb. von Kries. Hamb. 1825. 8. S. 249.

2 Ebend. S. 298.

3 Narrative of a Second Voyage to the Discovery cet. Lond. 1835. 4. App.

Umfange wachsen, wo sie dann *Pancakes* (Pfannkuchen) heifsen. In ruhiger See, wie sie in jenen nördlichen Gegenden wohl nur in Buchten gefunden wird, bilden sich zusammenhängende Eisdecken (*Bay-ice*), die bei heftigem Froste binnen 24 Stunden 2 bis 3 Zoll dick werden, im Verlaufe der Zeit aber, wenn sie liegen bleiben oder fortgetrieben werden, bis zur Dicke von mehrern Fufs anwachsen. Dieses in den Buchten und zwischen den Inseln um Spitzbergen entstehende theils dünnere (*light packed or drift ice*), theils dickere (*heavy packed or drift ice*) Treibeis treibt stets in südwestlicher Richtung weiter, bis es durch Schmelzung verzehrt wird; es folgen aber andere sogenannte Eisfelder nach, die oberhalb Spitzbergen gebildet werden und von unglaublicher Ausdehnung sind. Vermuthlich entstehn sie in den Zwischenräumen zwischen den fortgetriebenen und den liegenbleibenden Eismassen; ihr Eis ist dicht, durchsichtig und süfses Wasser gebend, was vermuthlich von der zwei bis drei Fufs hohen Schneelage herrührt, die im Winter darauf fällt, im Sommer gröfstentheils aufthauet und dann wieder gefriert. Durch Wiederholung dieses Processes müssen die unermefslichen Eisfelder entstehn, welche das Erstaunen der Beobachter erregen. In der Regel ragen diese Eisfelder vier bis sechs Fufs über die Fläche des Wassers empor und sind ungefähr 10 bis 20 Fufs tief in das Wasser eingetaucht. Manche Eisfelder sind so eben, dafs ein Wagen an 100 engl. Meilen weit über sie ohne Anstofs hinfahren könnte, die meisten haben aber Hervorragungen (*Hummocks*), die durch ihr schönes Farbenspiel das Einförmige der glänzenden Fläche unterbrechen. In ihnen befinden sich zuweilen Oeffnungen, die ein völlig ruhiges Wasser einschliefsen. Sie treiben stets in südlicher oder südwestlicher Richtung, selbst wenn die Winde diese Bewegung nicht unterstützen oder ihr entgegen sind, und wenn die sie umgebenden kleinern Eisstücke sie verlassen, werden sie durch die Wellen zerbrochen und in Treibeis verwandelt. Zuweilen haben sie eine drehende Bewegung, so dafs ihr Rand mehrere hundert Seemeilen in einer Stunde zurücklegt. Stöfst ein solches drehendes gegen ein ruhendes oder stofsen zwei drehende zusammen, so wird eins oder es werden beide zertrümmert mit einer Gewalt, wovon man sich eine Vorstellung machen kann, wenn man berücksichtigt, dafs ihre Massen gegen 10000 Millionen Tonnen be-

tragen. Einst mafs Scoresby an einer Spalte, dafs die obere gefrorene Schneelage 3,5 F., das Eis selbst aber 12 F. Dicke hatte. Es giebt indefs auch kleinere Eisfelder (*Floes*) von minderer Dicke, und Bay-Eis heifst es nur dann, wenn die Dicke einen oder wenige Fufs beträgt. So wie die *Hummocks* aus Stücken zerbrochener Eisfelder bestehn, die über die gröfsere Fläche geschoben sind, werden andere unter sie gedrückt und heifsen dann Kälber (*Calfs*). Sie sind nicht selten so grofs, dafs Schiffe über sie hinsegeln und sie an beiden Seiten unter dem Schiffe sehn, jedoch ist dieses sehr gefährlich; denn wenn sie plötzlich auftauchen, wie häufig geschieht, können sie das Schiff beschädigen und sogar einen Schiffbruch erzeugen. Einzelne hervorragende Spitzen heifsen Zungen (*Tongues*), und wenn das Treibeis in solcher Menge vereint fliefst, dafs man seine Ausdehnung nicht unterscheiden kann, so heifst es *Pack*, und zwar ein offenes, wenn die Eisstücke sich nicht berühren, ein geschlossenes, wenn sie sich berühren.

44) Eisberge sind eigentlich Gletscher, die aus den Thälern bis an das Meer sich erstrecken, im Sommer zum Theil schmelzen, so dafs Gletscherströme von ihnen herabstürzen, im Winter aber wieder wachsen und durch ihre unglaubliche Gröfse die Bewunderung von Martin, Kranz, Phipps, Ross, Scoresby und andern erregten[1]. Einer der gröfsten, den schon Phipps sah und Scoresby an derselben Stelle wieder erkannte, hatte eine steile Wand von 300 F. Höhe, von welcher einst eine Eismasse ins Meer rollte, die in 24 Faden Tiefe auf dem Grunde auflag und dann noch 55 Fufs über die Oberfläche des Wassers emporragte. Werden sie im Meere fortgetrieben, so bilden sie die schwimmenden Eisberge oder Eisinseln, jedoch glaubt Scoresby, dafs nicht die ganze Menge der im grönländischen Meere vorhandenen diesen Ursprung haben könne, weil ihre Zahl hierfür zu grofs und ihre Dimension zu stark ist, hauptsächlich bei denen, die sich in der Davisstrafse finden. Der gröfste, den er im grönländischen Meere sah, hatte ungefähr 3000 F. im Umfange, oben eine 20 F. aus dem Wasser hervorragende Fläche, und mufste ungefähr 150 bis 160 F. tief im Wasser gehn; in der Davis-

1 Vergl. Lotta in Edinb. Phil. Journ. N. VI. p. 237.

strafse dagegen hat man sie von 2 Seemeilen lang, ¾ Seemeilen breit, mit Spitzen von mehr als 100 Fufs hoch und bis 450 F. tief ins Wasser herabgehend gesehen, ja selbst Eismassen mit Flächen von 5 bis 6 Quadratseemeilen und 150 F. Höhe, die in 90 bis 100 Faden Tiefe auf dem Grunde lagen und deren Gewicht also mehr als 2000 Mill. Tonnen betrug. Scoresby meint, dafs die meisten Eisberge in Buchten, selbst auch im offenen Meere, gebildet werden, indem der stets aufs neue auf sie fallende Schnee ihre Masse zuletzt bis ins Unermefsliche vermehrt. Die aus der Davisstrafse treiben südlich bis zur Küste von Neufundland, wo man deren bis 2100 Seemeilen vom Orte ihres Ursprungs ankommen sieht. Ross begegnete auf seiner Reise in die Baffinsbay dem ersten unter 59° N. B. Dieser war 40 F. hoch und 1000 F. lang; an einem andern ankerte er, weil er am Grunde fest lag, allein bald trieb er sammt dem Schiffe westlich und fafste nach einiger Zeit wieder Grund. Forster fand auf der südlichen Halbkugel mehrere 1 bis 2 Seemeilen lange und 100 F. über dem Wasser hohe und zählte am 26. Dec. 1773 vom Mastkorbe aus deren 186, Ross aber hatte unfern der Hasen-Insel deren 700 im Gesicht. Auf der südlichen Halbkugel gelangen die Eisberge selten weiter als bis 42 oder 43 Grad S. B., allein im April 1828 wurde Treibeis in 35° S. B. und 18° östl. L. gesehn, im Jahre 1780 aber scheiterte das Transportschiff The Guardian beinahe unter 44° 10′ S. B. und 44° 35′ östl. L. an einem Eisberge[1]. Die gröfsten werden vom Winde nicht stark bewegt und geben den Schiffen Schutz; jedoch ist es gefährlich, an ihnen vor Anker zu gehn, weil sie zuweilen ihren Schwerpunct ändern und umschlagen, welches auch dann geschieht, wenn sie bei ihrer Bewegung auf ein Hindernifs stofsen. Scoresby berichtet, was auch den Grönländern wohl bekannt ist, dafs oft ein Schlag mit der Axt, wenn man einen Anker daran befestigen will, einen ganzen Berg mit grofsem Krachen spalten macht, so dafs die Massen nach der Seite umschlagen und die Boote in den Wellen begraben werden. Löst sich unten ein Stück ab, so taucht dieses mit solcher Gewalt auf, dafs es Schiffen in grofser Ent-

1 Horsbourgh in Phil. Trans. 1830. p. 117. Poggendorff Ann. XVIII. 625.

fernung gefährlich wird. Sie haben Spalten, wie die Gletscher, und oben tiefe Löcher mit Wasser, aus denen die Seefahrer das Wasser vermittelst langer Schläuche in ihre Fässer füllen. An ihrem Glanze erkennen die Schiffer sie selbst im Nebel und bei dunkler Nacht, und dieser ist so ausgezeichnet, dafs er ungeachtet der Unwirthbarkeit, die in ihrer Nähe statt findet, die Bewunderung aller Beobachter erregt. Egede redet von ihren bezaubernden Farben, die er weifs, blau und grün nennt, mit dem Zusatze, dafs zwar Fabricius[1] die Anwesenheit der grünen Farbe beim Treibeise geleugnet, Cranz[2] dagegen sie allerdings beobachtet habe; Ross aber berichtet, es gebe keine gröfsere Farbenpracht, als die Eisberge sie darbieten, denn bei Tage wie bei Nacht glänzten sie an den weifsen Stellen wie Silber und an den übrigen mit so lebhaften Regenbogenfarben, dafs keine Kunst dieses nachzuahmen vermöge. Dieses durch Reflexion und Brechung erzeugte Spiel prismatischer und subjectiver Farben ist jedoch verschieden von dem sogenannten Eisblinken (*Ice-blink*), welches jederzeit sich zeigt, wenn man sich einem Eisfelde oder nur einer ausgedehnten Lage Packeis nähert. Es zeigt sich dann an dem den Horizont berührenden Theile der Atmosphäre ein glänzend weifser Streif, worin das ganze ausgedehnte Eisfeld, selbst wenn es sich bis 20 oder 30 Seemeilen über den Gesichtskreis hinaus erstreckt, zum Vorschein kommt. Nach Gilbert[3] ist es also eine Folge der *irdischen Strahlenbrechung*, die in jenen kalten Gegenden so bedeutend stark erscheint.

45) Hans Egede Saabye[4], welcher als Prediger auf einer dänischen Colonie in Grönland verweilte, theilt unter andern sehr interessante Nachrichten über das Verhalten der Eisberge mit. Hauptsächlich lernte er diejenigen kennen, die sich in dem Isefiord befinden und von denen einige nach Messungen von ihm 200 bis 300 Faden unter das Wasser hinabreichen sollen. Hier bilden sich allerdings Gletscher, die weit über das Meer hinausragen, fortwährend gröfser werden,

1 Neue Schriften d. K. dän. Ges. d. Wiss. Th. III. S. 67.

2 Historie von Grönland. S. 35.

3 G. LXII. 52.

4 Bruchstücke eines Tagebuchs, gehalten in Grönland von 1770 bis 1778. Ueb. von Fries. Hamb. 1817. 8.

und von denen dann zuweilen enorme Stücke sich ablösend ins Meer fallen, einigemal sich umwälzen und endlich nach hergestelltem Gleichgewichte als schwimmende Eisberge sich fortbewegen. Gewöhnlich setzen sie dann durch die in der See erzeugten Schwankungen auch die übrigen vorhandenen Eisberge in Bewegung, die dann weiter in die See treiben. Nach Egede und Scoresby rührt ihre oben bereits erwähnte Brüchigkeit von einem Lockerwerden bei beginnender Schmelzung her, was mir jedoch mit der Natur des Eises unverträglich scheint, und ich möchte sie lieber für eine Folge der Sprödigkeit halten, die durch ungleiche Temperatur schon bei ihrer Entstehung erzeugt ist, wie bei den Glasthränen und Bologneser Flaschen. Sie kündigen daher die Neigung zu bersten vorher durch ein Krachen an, was Scoresby für eine Folge der Erweichung oder einer innern Ausdehnung hält. In einem solchen Zustande reicht aber schon ein bloſser Schall hin, um zerborstene Stücke herabfallen zu machen. So fuhren einst 7 Menschen in einem Boote durch den Isefiord, die sich so ruhig hielten, daſs sie selbst den Ruderschlag vermieden; als aber ein Knabe mit einer zwei Fuſs langen Bootstütze auf das ausgespannte Fell des Kahnes schlug, stürzte ein Stück vom nächsten Eisberge herab und alle kamen in den Wellen um. Solche Ereignisse tragen sich nicht selten zu, weil die Grönländer die Seehunde in der Nähe der Eisberge, ihrem Lieblingsaufenthalte, aufsuchen und fangen. Auch Scoresby erzählt, daſs einst ein Capitain, begleitet von einem Matrosen, mit einer Axt auf einen Eisberg hieb, um einen Anker zu befestigen; allein der Eisberg spaltete in zwei Theile, der Capitain hielt sich an der Spitze des einen Stückes, der Matrose aber wurde vom aufbrausenden Wasser bis an das in der Nähe haltende Boot geschleudert[1]. Auf der andern Seite wird aber das Eis auch brüchig durch heftige Kälte, wie nicht leicht jemand besser beobachten konnte, als Capitain Ross[2] bei seinem mehrjährigen Aufenthalte zu Boothia Felix. Wenn die Temperatur unter — 18° C. herabsank, so begann das Krachen der Eisberge und man hörte bei

1 Tagebuch einer Reise u. s. w. S. 305.

2 Narrative of a Second Voyage etc. Lond. 1835. 4. App. p. CXVI.

wachsender Kälte das furchtbare Getöse, worauf dann im Frühjahr die Stücke dieser enormen Massen wie Bruchstücke durch Erdbeben zerstörter Berge umherlagen.

46) Das Eis widersteht oft den Wellen mit ausnehmender Stärke und sichert die davon eingeschlossenen Schiffe vollkommen gegen ihre Gewalt; ist aber ein Eisfeld einmal durchbrochen und in gröſsere Stücke verwandelt, so verschwindet das Eis mit unglaublicher Schnelligkeit. Hierbei scheint die ungleiche Festigkeit des Eises bedingend zu seyn, jedoch in der Beziehung, daſs das ältere und sprödere Eis durch unbedeutende Wellen zerbrochen wird, während jüngeres, biegsameres länger widersteht; vielleicht sind auch die Strömungen wärmeren Wassers von einigem Einfluſs, hauptsächlich aber ist zu berücksichtigen, daſs der kurze Wellenschlag die einmal getrennten Stücke an einander zerreibt. Auf diese Weise verschwindet Eis, welches die Wallfischfänger wochenlang festgehalten hat, in wenigen Stunden, und eine unübersehbare Fläche von zusammenhängendem Bay-Eise, in welcher das Schiff unbeweglich festsitzt, verwandelt sich in einer Nacht in offenes Meer, worin die Wellen mit kleinen Eisstücken spielen. Die regelmäſsige Strömung des Eises von Nordost nach Südwest, wie Ross, Scoresby und die zahlreichen Grönlandsfahrer sie unzählig oft beobachtet haben, das Herabkommen der Eisfelder und ihr Ersetztwerden durch neue ist jedoch nur eine Eigenthümlichkeit des grönländischen Meeres und der Baffinsbay; das Eis des sibirischen Polarmeeres dagegen, welches noch anhaltender während eines länger dauernden ununterbrochenen Aufenthalts durch v. Wrangel[1] und v. Anjou beobachtet worden ist, bietet eine unübersehbare, dem des sibirischen Festlandes ähnliche Ebene dar, auf welcher Schneehügel, wie niedrige Berge, zusammengeweht sind. An den Küsten thauet es im Sommer meistens auf und die offenen Stellen sind mit Treibeis und Eisbergen angefüllt, die den oben beschriebenen ähnliche Erscheinungen zeigen, an einigen von den Fluſsmündungen entfernten Stellen wird jedoch das Ufer wahrscheinlich niemals frei. Ueber der ebenen

---

1 Physikalische Beobachtungen des Capitain-Lieutenant Baron v. Wrangel während seiner Reise auf d. Eismeere in d. Jahren 1821, 1822 u. 1823, herausg. von G. F. Parrot. Berl. 1827.

Fläche erheben sich dann die unordentlich über einander gehäuften Eisschollen, *Torossen* genannt, bis zu 80 Fuſs Höhe, deren Eis ein weniger salzhaltiges Wasser liefert, als das eigentliche Meereis, und deren Bildung groſsentheils den sich aufhäufenden Schneelagen beizumessen ist, doch sollen einige darin befindliche Schollen nach der Meinung der Küstenbewohner aus Fluſseis bestehn. Sie verdanken ihren Ursprung den Eisschollen, die vom Winde getrieben sich auf einander schieben, zuweilen auch unter andere getrieben diese letztern in die Höhe heben. Als sehr wichtig ist vorzugsweise die Auskunft zu betrachten, welche jene Reisenden über die offenen Stellen im Eise gegeben haben, die man dort *Polinjen* nennt. Es ist in der That merkwürdig, mitten in den unabsehbaren Eisflächen in den Regionen des ewigen Frostes und sogar mitten im Winter auf offenes Fahrwasser zu stoſsen, welches vom Eise, wie von einem Continente, umgeben ist und in welchem bald kleine Wellen die glatte Oberfläche kräuseln, bald hohe durch die Gewalt der Stürme hoch aufgethürmt werden. Eine solche groſse, beständig offene Stelle fängt an der Nordwestküste von Kotelnoy an und erstreckt sich anscheinend in südöstlicher Richtung bis auf 270 geogr. Meilen, indem sie so weit in verschiedenen Jahren stets von andern Beobachtern wirklich gesehn worden ist, ohne daſs man weiſs, ob ihre Länge nicht noch bedeutender ist. Wie groſs ihre Breite seyn mag, konnte bis jetzt nicht ausgemittelt werden, indem sie die Versuche, weiter nach Norden vorzudringen, die nur mit Schlitten, von Hunden gezogen, gemacht werden, hindert. Am Rande befindet sich dünnes Eis und man bemerkt in ihr deutlich eine Strömung, die als Wirkung der Ebbe und Fluth angesehn wird, dagegen beträgt die Dicke des Eises an der Küste, die es ruhig liegend in einem Winter erreicht, durchgängig 9 bis 10 F. engl. Auſser dieser groſsen Polinje giebt es noch viele kleinere in der unabsehbaren Eisfläche, die von 2,5 bis etwa 4 Werst lang und 1,5 Werst oder darüber breit sind. Sie laufen in der Regel von N. W. nach S. O., gefrieren zuweilen und es entstehn andere, ja dieser Wechsel scheint unter sich in Verbindung zu stehn. Am Rande der Polinjen trifft man stets Torossen.

47) Aus v. Wrangel's Beschreibung ist nicht genau ersichtlich, ob die Torossen bloſs auf der Oberfläche des Eises

ruhn, was jedoch bei dem enormen Gewichte einer bis 80 Fuſs Höhe aufgethürmten Eismasse kaum denkbar ist, oder ob sie, wie die Eisberge, in das Wasser hinabreichen; Parrot dagegen nimmt das Letztere an, und dann folgt von selbst, daſs die groſsen auf dem Boden ruhn, da die gröſste gemessene Tiefe jenes sibirischen Meeres nur 161 Fuſs beträgt, was denn auch mit der Angabe der Bewohner jener Küsten übereinstimmt, wonach einige derselben ihren Ort nicht verlassen und also auf dem Grunde festsitzen müssen. Die Zeichnung einer solchen groſsen Torosse versinnlicht ihre Gestalt, die sich von der gewöhnlicher Eisberge sehr unterscheidet, und es wird zugleich dadurch deutlich, daſs sie aus lauter aufgehäuften Eisschollen, die höchstens 42 Zoll dick und zuweilen regelmäſsig über einander geschichtet sind, bestehn. Ihre Bildung ist ohne Widerrede räthselhaft. Nach Parrot werden sie von dem nördlichern Theile des Meeres hergetrieben; es scheint jedoch, als ob sie auch aus zusammengefrornen Eisschollen gebildet seyen. Dabei wäre es dann unmöglich, daſs sie durch bloſses Uebereinanderschieben derselben zu einer solchen Höhe anwachsen könnten, inzwischen werden diese auch sicher unter einander geschoben, frieren an einander fest, bewirken hierdurch ein Umschlagen der Masse, wodurch andere aufgerissene in die Höhe gehoben werden, und vor allen Dingen entstehn einzelne Lagen durch den Schnee, der sich auf ihnen aufhäuft und durch partielle Schmelzung und nachfolgendes Gefrieren in Eis verwandelt wird. Die kleinen Torossen sind der Zeichnung nach nichts anderes, als einige aufgehäufte Bruchstücke von Eisschollen, womit dann auch ihre Anwesenheit an den Rändern der Polinjen vollkommen in Einklang steht. Die Polinjen selbst sind gleichfalls sehr interessant und um so mehr, als die freie Straſse, worin Parry so weit westwärts zu segeln vermochte, vielleicht nichts anderes, als eine damals offene, bei der frühern Untersuchung durch Ross aber noch verschlossene Polinje war, die aufgefundene groſse Polinje des sibirischen Eismeers aber die Möglichkeit einer Fahrt von Nova-Zembla bis zur Behringsstraſse geben könnte, die jedoch keinen andern, als einigen wissenschaftlichen Nutzen gewähren würde. Ihren Ursprung zu erklären bleibt bei den mit unsäglichen Aufopferungen erhaltenen, aber dennoch stets mangelhaften Beobachtungen eine schwierige Aufgabe. Im Allge-

Fig. 254.

meinen kann man jedoch, nach der Ansicht Parrot's, annehmen, dafs eine so ausgedehnte Meeresfläche sich unmöglich unter eine zusammenhängende Eisdecke bannen läfst, vielmehr mufs die wogende und stets strömende, namentlich auch durch wechselnde Fluth bewegte Masse sich an den schwächsten Stellen Luft machen und die Bruchstücke ihrer zersprengten Bedeckung unter und über die widerstehende Eisfläche treiben. Dazu kommt dann noch ohne Zweifel das an einigen Stellen vom Boden aufsteigende wärmere Wasser und die Gewalt, womit bei einmal durchbrochenen Stellen der Wind das Wasser gegen die Ränder des Eises treibt, woraus die allgemein gefundene längliche Gestalt derselben folgt, die bei der grofsen Polinje ohne Zweifel durch die den Küsten Sibiriens und Nordamerica's ungefähr parallele wechselnde Strömung des Meeres bedingt wird.

48) Eine dritte Eigenthümlichkeit, welche v. Wrangel auf den Eisflächen des sibirischen Polarmeeres aufgefunden hat, ist die Ausscheidung von Seesalz, welches sich fast überall dort findet, wo die Fläche nicht mit einer dicken Schneeschicht bedeckt ist, hauptsächlich über dünnem Eise und in der Nähe offener Stellen, so dafs es sich durch eine fünf Zoll hohe Schneeschicht zeigt. Befindet sich dieses Salz, *See-Rossol* genannt, über festem und trocknem Eise, so bildet es kleine Häufchen von 0,1 Zoll Höhe und 0,2 Z. Durchmesser, die aus kleinen Körnchen bestehn und durch Streifen des nämlichen Salzes mit einander verbunden sind. An schneefreien Stellen frifst dieses Salz sich in das Eis ein und macht es brüchig, ohne Zweifel in Folge einer Schmelzung, wie bei der künstlichen Kälte-Erzeugung; ist es aber mit Schnee bedeckt, so steigt es in diesem auf. Seinen Ursprung verdankt dieses bittere Kochsalz nach Parrot ohne Zweifel dem Seewasser, welches aus den freien Stellen durch die Winde über die Oberfläche des Eises getrieben wird, dort durch die heftige Kälte sogleich gefriert, wobei das so entstehende Eis sich mit dem schon vorhandenen verbindet, das hierdurch ausgeschiedene Salz aber krystallisirt, mit bedeutendem Einflusse der Verdunstung, die durch die Trockenheit der herbeigeführten Luft ungeachtet der hohen Kälte ausnehmend grofs seyn mufs.

49) Die Gestalt der Eisberge ist zwar so mannigfaltig und kann so leicht vorgestellt werden, wenn man das durch

stetes Aufhäufen neuer Lagen bis ins Unglaubliche gesteigerte Anwachsen der regellos geformten Massen berücksichtigt, die im Allgemeinen als zackige Bergspitzen erscheinen; inzwischen befinden sich unter denen, die namentlich Ross als ungewöhnlich gestaltet einer Abzeichnung werth erachtet hat, zwei, die es wohl verdienen versinnlicht zu werden. Der eine Eisberg gleicht einem schräg stehenden Felshorn, der andere ist noch auffallender durch eine weite Durchfahrt, die als ein großes künstliches Thor erscheint[1]. Fig. 255. u. 256.

50) Nach den bisher gepflogenen Untersuchungen verliert die Frage über das Gefrieren des Seewassers und den Salzgehalt des daraus gebildeten Eises den Einfluſs der Widersprüche, die sich früher ihrer Beantwortung entgegenstellten. Daſs das Meereis süſses Wasser gebe, bemerkte schon Thomas Bartholinus[2], und Robert Boyle[3] erwähnte, daſs die Brauer zu Amsterdam das Wasser des Meereises zum Biere benutzten, Samuel Reiher[4] aber stellte eigends eine Reihe von Versuchen hierüber an, woraus hervorging, daſs nicht bloſs das aus dem geschmolzenen Meereise erhaltene, sondern auch das unmittelbar unter demselben befindliche Wasser süſs sey. Auch dieses Letztere ist seitdem vielfach bestätigt worden und man muſs daher annehmen, daſs entweder dieses Wasser aus geschmolzenem Eise entstanden sey und sich als spec. leichter über dem Salzwasser erhalten habe, oder daſs sich schon vor der beginnenden eigentlichen Krystallisation das Salz bei vorhandenem tiefem Wasser herabsenke und im Begriff zu Gefrieren seyendes süſses Wasser zurücklasse. Hieraus wird dann das sehr geringe spec. Gewicht erklärlich, welches das von Marcet untersuchte Wasser aus Meereis oder das in der Nähe desselben geschöpfte zeigte, wie folgende Uebersicht darthut.

---

1 Beschreibungen und Zeichnungen von Eisbergen finden sich in G. W. Manby Journal of a Voyage to Greenland. Sec. ed. Lond. 1823. 8.

2 De nivis usu medico observ. variae, acc. Erasmi Bartholini de figura nivis Diss. Hafn. 1661.

3 New experiments and observations touching Cold. Lond. 1665. 4. p. 59.

4 S. Reyheri J. C. et mathematici Kiliensis experimentum novum, quo aquae marinae dulcedo examinata describitur. Kiliae 1697. 4. Vergl. Wilkens in Gren Journ. d. Ph. Th. IV. S. 188.

No.	Breite	Länge	Monat	spec. Gew.	Beobachter
1	75°54′	65°32′ W.	—	1,00000	Ross
2	80 28	10 20 O.	—	1,00017	Franklin
3	79 56	11 30 —	21. Jul.	1,00060	Franklin
4	79 38	11 — —	Aug.	1,00015	Franklin
5	76 48	13 40 —	25. Mai	1,00235	Franklin
6	75 40	61 20 —	31. Juli	1,00015	Parry

Hierunter war No. 1 von einem Eisberge, 4 engl. Meilen vom Lande; No. 2 Wasser von der Oberfläche, als das Schiff vom Eise umschlossen war, und es zeigte nicht weniger als 0°,25 C. Wärme; No. 3 war von einem kleinen Eisfelde (*floe*), welches 19 F. unter das Wasser herabging; No. 4 war von einem ungeheuern Eisberge; No. 5 wurde von einer kleinen Scholle Treibeis geschöpft, ungefähr 20 engl. Meilen von Spitzbergen, wo die Sondirung 600 Faden zeigte und die Lufttemperatur nur —1°,67 C. betrug; No. 6 endlich war von der Oberfläche frischen, nur ungefähr ½ Zoll dicken Eises geschöpft. Scoresby glaubt, dafs im Eise des Meeres, auch wenn es locker ist, kein Salz anwesend sey, aufser was im Seewasser in seinen Poren zurückbleibt. Dennoch unterscheidet sich das lockere Seewassereis von dem festern Süfswassereise und wird auch von den Seefahrern als solches unterschieden, welches kein trinkbares und welches trinkbares Wasser liefert. Letzteres erhält man von dem Eise, welches über die Oberfläche des Wassers hervorragt oder auch unter dem Wasser lange gefroren erscheint, ersteres von dem frischen Eise. Das spec. Gewicht des Eises gegen Wasser bei 0° C. setzt Scoresby[1] im Maximum auf 0,925 und im Minimum auf 0,915, im Mittel also = 0,92, so dafs im süfsen Wasser der hervorragende Theil zu dem eingesenkten sich wie 1:11,5 verhält, gegen Seewasser von Spitzbergens Küste bei 1°,67 C. Temperatur ist dasselbe jedoch 0,894 bis 0,900 und das Verhältnifs des hervorragenden Theils zum eingesenkten wie 1:8,2. Das Gewicht eines Kubikzolls dichten Eises beträgt 231,5 Grains, ein gleiches Volumen von Seewasser aus dem grönländischen Meere, dessen spec. Gew. bei 60° F. (15°,56 C.) = 1,0264 ist, wiegt bei 0° C. 259,58 Grains,

1 Vergl. Tagebuch einer Reise auf den Wallfischfang. Ueb. von Kries. Hamb. 1825. S. 420.

mithin ist das Verhältnifs 8,97 oder nahe 9:8. So bedeutend übrigens die Unterschiede unter den verschiedenen Sorten des mehr oder minder blasigen, festeren und lockeren Eises seyn mögen, so darf man doch wegen der sorgfältigen Genauigkeit des genannten Beobachters dieses gefundene Verhältnifs als ein mittleres sehr richtiges annehmen.

Ueber die Frage, wie hoch das Polareis hinaufreiche, ob unter den Polen offenes Meer, Eis oder Land sey, ist bereits oben[1] geredet worden und bei der speciellen Untersuchung der Temperatur auf der Oberfläche unserer Erde mufs noch einmal davon gehandelt werden, weswegen ich diesen Gegenstand hier übergehe.

H. Durchsichtigkeit und Farbe des Meeres.

51) Das Meerwasser ist im allgemeinen und bei der Abwesenheit trübender Substanzen sehr klar, so dafs der Verlust, welchen das durchfallende Licht bei geringer Dicke der gegebenen Schicht erleidet, kaum oder mindestens nicht auffallend bemerkt wird und dasselbe daher in geringen Mengen, z. B. in Trinkgläsern, als völlig durchsichtig erscheint. Einiger Lichtverlust mufs aber nothwendig statt finden und Bouguer[2] setzt diesen für eine Schicht von 10 Fufs Dicke = 5:3 oder = 50:35, woraus er dann folgert, dafs das Meer in 679 Fufs Tiefe ganz undurchsichtig sey. Hiermit stimmen im ganzen Lambert's[3] Angaben überein. Inzwischen zeigt das Seewasser eine ungleiche und zuweilen sehr überraschende Durchsichtigkeit, die mir eine Folge der Ruhe und des hieraus hervorgehenden Niederfallens der durch die Wellen selbst aus bedeutender Tiefe aufgerührten und weithin fortgeführten, verunreinigenden Bestandtheile zu seyn scheint. Diese Ursache mag mitwirkend seyn, dafs das Meer unter niederen Breiten weit durchsichtiger ist, als unter höheren, hauptsächlich wenn es zwischen und neben den Inseln vorzüglich ruhig ist, indem dort die Stürme zwar aufserordentlich heftig, zu-

1 S. Art. *Erde*. Bd. III. S. 1113.
2 Traité d'Optique sur la gradation de la lumière. p. 65.
3 Photometria §. 468.

gleich aber selten sind. Die Klarheit des Meerwassers bei den westindischen Inseln fand schon Columbus auffallend, Schöpf[1] aber wurde dadurch entzückt, dafs er den weifsen Boden bis auf 60 Fufs Tiefe erkennen konnte. Das Boot, worin man fährt, sagt er, schwebt über einer krystallenen Flüssigkeit und scheint in der Luft zu hängen, so dafs dem Ungewohnten leicht schwindelt. Auf dem reinen Sande des Bodens sieht man unter sich tausenderlei Gewürm, Seeigel, Seesterne, Schnecken und vielartige Fische von so schönen Farben, als man bei diesen Thieren in Europa kaum denkbar findet. Brennendes Roth, reinstes Blau, Grün und Gelb wechseln, man schwebt über ganzen Waldungen von Seepflanzen, Gorgonien, Korallen, Alcyonen, Flabellen und Schwammgewächsen, die durch ihr Farbenspiel das Auge nicht minder ergötzen und von den Wellen ebenso sanft bewegt werden, als die schönste Vegetation eines blumenreichen Gefildes auf der Erde. Zugleich täuscht sich das Auge über die Tiefe, indem man glaubt, Pflanzen mit der Hand pflücken zu können, die mit einem zehn Fufs langen Ruder nicht erreichbar sind. Nach Horsbourgh[2] sieht man dort den Meeresboden noch deutlich in einer Tiefe von 15 bis 20 Faden, wenn er aus vielfarbigen Corallen oder aus Sand mit Corallen gemischt besteht. In verschiedenen Theilen des indischen Meeres unterscheidet man den Grund noch tiefer, z. B. bei Mindora erkannte er die gefleckten Corallen in 25 Faden Tiefe. Auf dem Schiffe Coquille wurden eigends Versuche über die Durchsichtigkeit des Meerwassers an verschiedenen Orten angestellt, die darin bestanden, dafs ein weifses Bret in horizontaler Lage an Schnüren herabgelassen und dann die Tiefe gemessen wurde, wo es aufhörte sichtbar zu seyn. Dieses fand statt bei der Insel Waigion in 59 Fufs Tiefe und bei ganz heiterem Himmel in 75,3 Fufs, bei Port-Jackson in 38,3 Fufs, bei Neuseeland in 35 Fufs und bei Ascension zwischen 28 und 36 Fufs Tiefe. Noch auffallender aber ist, dafs Wood 1676 die Tiefe der See bei Nova-Zembla 80 Faden fand und dennoch nicht blofs den Boden, sondern selbst auf dem Grunde

1 Taschenbuch d. Reisen von Zimmermann.

2 Journ. of the Roy. Inst. N. XLIII. p. 224. Vergl. G. XXXIV. 51.

liegende Muscheln sehen konnte[1]. Aus dieser großen Transparenz des Seewassers ist erklärlich, dafs die convexen Linsengläser der Taucherglocken in 25 Fufs Tiefe noch als Brennlinsen wirken, weil ungeachtet der Absorption des Lichtes durch das Wasser immer noch genug vorhanden ist, um zu einem erhitzenden Focus vereinigt zu werden.

52) Die Farbe des Meeres wird verschieden bezeichnet, sie ist nicht stets gleich, man hat sich vielfach bemüht, die Veränderlichkeit derselben zu erklären, allein bis jetzt ist dieses noch nicht vollständig gelungen, so dafs einer der gewiegtesten Beurtheiler dieser Sache, Al. v. Humboldt, obgleich als eigener Beobachter und mit hinlänglichen theoretischen Kenntnissen ausgerüstet, das Problem für ein schwieriges und noch nicht vollkommen gelöstes erklärt. Handelt es sich zuvörderst um die Farbe des Meeres im Allgemeinen und ohne Einflufs irgend bedingender Umstände, so ist das Seewasser nach Scoresby[2] ebenso klar und durchsichtig, als das der reinsten Quellen, und blofs bei hinlänglicher Tiefe tritt eine bestimmte und unveränderliche Farbe hervor, nämlich Ultramarinblau, die nur sehr wenig von der der reinen Atmosphäre verschieden ist und dadurch entstehn soll, dafs die auffallenden Lichtstrahlen verschluckt, die blauen aber zurückgeworfen werden. Um hierüber sicherer zu urtheilen und die Täuschungen zu entfernen, die durch den Einflufs der Sonnenstrahlen und der Wolken erzeugt werden, soll man das Meer durch ein langes, inwendig geschwärztes Rohr betrachten, welches bis fast zur Oberfläche hinabreicht, um die seitwärts einfallenden Lichtstrahlen abzuhalten, die Täuschungen veranlassen, und dann werde man die eigentliche blaue Farbe der See genau wahrnehmen. V. Humboldt[3] stimmt hiermit in gewisser Beziehung überein. Zur Messung der Farbe des Oceans bediente er sich des *Kyanometers*[4], obwohl die Farbe des Meeres meistens grün ist, blofs um die Tiefe der Färbung zu vergleichen, und er fand bei schönem, heiterem Wetter die Tiefe dem 33sten, dem 38sten, selbst dem 44sten

---

1 Scoresby Account T. I. p. 181.
2 Account of the Arctic Regions. T. I. p. 173 ff.
3 Reisen. D. Ueb. Th. I. S. 384.
4 S. *Kyanometer*. Bd. V. S. 1367.

Grade jenes Instrumentes gleich, ungeachtet das Himmelsgewölbe sehr blaſs war und kaum den 14ten oder 15ten Grad erreichte. Es heiſst dann weiter: „Wenn man, statt das „Kyanometer gegen eine groſse Fläche des offenen Meeres zu „richten, die Augen auf einen kleinen Theil der Oberfläche „durch eine enge Oeffnung heftet, so erscheint das Wasser von „einer prächtigen Ultramarinfarbe.“

Hier hätten wir also zwei gewichtige Zeugnisse, und es lieſsen sich deren noch eine Menge sonstige beibringen, wonach das Meerwasser blau und obendrein dunkler, als das Himmelblau, nämlich ultramarinblau seyn soll. Es würde indeſs nicht schwer seyn, gewichtige Zeugnisse auch dafür aufzufinden, daſs die Farbe des Meeres grün sey, denn man hat sogar den Ausdruck meergrün, eine nach dem Aussehn des Meeres bezeichnete Farbe, und ich selbst gestehe, daſs ich nach eigener Ansicht eher grün als blau zur Bezeichnung der Farbe des Meeres wählen würde. Für die blaue Farbe entscheidet allerdings der Umstand, daſs dicke Stücke Eis öfter eine schwach bläuliche, als eine grünliche Farbe zeigen, allein der bekannte Versuch Halley's[1], welcher in der Taucherglocke das reflectirte Licht rosenroth sah, deutet auf Grün, und zwar eigentliches Grün, dessen complementäre Farbe Rosenroth ist. V. Humboldt selbst sagt: „wenn gegen Abend „der von der Sonne erleuchtete Rand der Wellen smaragd„grün glänzt,“ und weiterhin erklärt er sich entschieden dagegen, die grüne Farbe des Wassers von den gelben Strahlen des Bodens und den durch das Wasser zurückgeworfenen blauen abzuleiten, wie man versucht hat[2], denn, sagt er: „das Meer „ist oft auf offener See grün, wo es über 800 Toisen Tiefe „hat,“ auch nennt er die Farbe des Eises in groſsen Massen schön bläulich grün, und man könnte sonach auf die Autorität dieses berühmten Naturforschers gestützt das Meerwasser mit ebenso vielem Rechte grün, als blau nennen. Nach H. Davy[3] hat auch das reinste Wasser der Gletscher, wenn es

---

1 Newton Optice. Lib. II. P. 1. prop. 10.

2 Décade égyptienne T. I. p. 101.

3 Edinb. Journ. of Science N. XVIII. p. 324. Daraus Wiener Zeitschr. Th. V. S. 324. Vergl. Davy's Salmonia or Days of Fly-Fishing. Lond. 1828. 8. Biblioth. univ. T. XI. p. 114.

im Eise eingeschlossen durch nichts getrübt ist, eine schwach himmelbläuliche Farbe, welche in den Seen und Flüssen durch Beimischung gelblicher Pflanzen- und erdiger Theile grün wird, und so müfste auch das Seewasser durch die vielen in ihm befindlichen Theile aus allen drei Naturreichen eine grünliche Farbe annehmen; auf jeden Fall aber wäre eine solche Färbung, wollte man sie als blau oder als grün bezeichnen, viel zu schwach, um die Tiefe der Färbung des Meeres daraus genügend zu erklären, um so mehr, als nach dem, was oben über die Durchsichtigkeit desselben gesagt worden ist, die in zunehmender Tiefe, bis zum Verschwinden alles durchgehenden Lichtes gesehenen weifsen und beliebig gefärbten Gegenstände die Farben des Meeres nicht annehmen, wie nothwendig geschehn müfste, wenn dieses den hierzu erforderlichen Grad der Tiefe hätte.

53) Wenn ich alles dieses und besonders das so eben angeführte unwiderlegliche Argument berücksichtige und zugleich auf eigene mehrfache Beobachtungen baue, so komme ich stets wieder auf dasjenige zurück, was ich bereits wiederholt geäufsert habe[1]. Hiernach ist das Wasser der Seen und des Meeres allerdings etwas wenig grün gefärbt, letzteres mehr als ersteres, und wenn man daher dasselbe vom Ufer oder von einem Schiffe aus ohne den Einflufs sonstiger Bedingungen betrachtet, so dafs das tiefer eingedrungene und reflectirte Licht zum Auge gelangt, so erkennt man leicht diese schwache bläulich-grüne Färbung. Allein nur selten ist dieses der Fall; denn wenn man dasselbe aus gröfserer Ferne sieht, indem die seine Färbung bedingenden Umstände fast nie fehlen, so nimmt man in der Regel einen vielfachen Farbenwechsel bei den verschiedenen Theilen desselben und in ungleichen, nicht weit auseinander liegenden Zeiten wahr. Das blofs von der Oberfläche zurückgeworfene Licht ist weifs und meistens blendend; bei trübem Himmel oder bei überall vorhandenem wenigem Lichte dagegen ist das Meer, als spiegelnd und wenig Licht reflectirend, dunkel. Ueberhaupt erscheint es daher zu der nämlichen Zeit an verschiedenen Stellen je nach der gröfsern oder geringern Menge des reflectirten Lichtes heller oder dunkler.

---

1 Vergl. *Atmosphäre.* Bd. I. S. 600. und die Nachträge im Art. *Meteorologie.* Dann Art. *See.*

Gespiegelte Gegenstände behalten ihre natürliche Farbe; übrigens aber sind die blaue und die grüne Farbe vorherrschend, in verschiedenen Abstufungen vom Hellsten bis zum Dunkelsten, so dafs namentlich der Anblick etwas hoher und überschlagender Wellen mit ihren weifsen Kämmen an den beschatteten oder nur minder erleuchteten Stellen ein tiefes, ins Schwarze übergehendes Blau erzeugen, welches von helleren, ins Röthliche spielenden Stellen begrenzt ohne Zweifel den Griechen Veranlassung gab, das Meer purpurn zu nennen. Die Beobachtung ergiebt, dafs diese Färbung vom Stande der Sonne und der Intensität ihres Lichtes, von der Farbe des Himmels und der Wolken und von dem Einflusse des Lichtes anderweitiger verschieden erleuchteter Gegenstände auf das Auge abhängt, weswegen ich geneigt bin, sie ganz oder mindestens gröfstentheils für subjectiv zu halten. Das helle und weifse, ins Gelbe durch seine Intensität spielende Tagslicht giebt in dem schwachen reflectirten Lichte das Blau hervorstechend, welches durch den starken Reiz des rothen Lichtes mit Unterstützung der schwachen Farbe des Meeres selbst das Grün erzeugt, wodurch die Hauptsache erklärt ist, indem die Uebergänge aus dem Helleren ins Dunklere und umgekehrt aus der Theorie der subjectiven Farben von selbst folgen.

Die Angaben v. Humboldt's stimmen mit dieser Ansicht sehr wohl überein. Wäre die Farbe, in welcher das Meer uns erscheint, geradezu die Folge einer eigentlichen Färbung, so könnte es unter verschiedenen Bedingungen wohl heller oder dunkler, aber es könnte nicht anders gefärbt erscheinen. Scoresby nennt das Meer ultramarinblau, und ohne Widerrede zeigen sich oft beim Wellenschlage einzelne Stellen in wenigem Lichte, wenn andere in der Nähe stark beleuchtet sind, tief indigoblau; aber warum kommt diese Farbe nicht zum Vorschein, wenn das Licht bis 100 Fufs tief auf einen weifsen Boden fällt und von diesem reflectirt zum Auge gelangt, mithin im Ganzen durch eine 200 Fufs dicke Schicht gedrungen ist? Hier haben wir den nämlichen Fall als bei der Atmosphäre, die uns bei gröfster Reinheit tief blau, fast schwarz, erscheint, ohne dem von einer meilenweit entfernten weifsen Wand reflectirten Lichte die schwächste Spur einer blauen Färbung mitzutheilen. V. Humboldt deutet gleich-

falls diese Hypothese an, indem er sagt, dafs einige Gelehrte, z. B. La Hire[1] und v. Goethe[2], das Blau des Himmels als das Schwarz des Raumes, getrübt durch Dünste, betrachten und dafs sie diese Erklärung auch auf die blaue Farbe des Meeres anwenden könnten; allein die Aehnlichkeit beider Erscheinungen abgerechnet dürfte diese Theorie jetzt schwerlich noch Beifall finden. Nach v. Humboldt sind die Meere der Tropen von einem reinern und stärkern Blau, als die Meere unter höhern Breiten, ein Unterschied, welcher sich namentlich beim Golphstrome wahrnehmen läfst. Auffallend findet derselbe ferner die schnellen Veränderungen, welche die Farbe des Meeres bei heiterem Himmel und ohne den geringsten Wechsel in der Atmosphäre erleidet, indem mitten im weiten Becken des Aequinoctial-Oceans die indigblaue Farbe desselben ins dunkelste Grün und von diesem in Schiefergrün übergeht. Wenn aber ferner behauptet wird, die blaue Tinte des Oceans sey vom Reflex des Himmels beinahe unabhängig, indem auch dann die blaue Färbung bleibt, wenn bei schönem Wetter mehr als vier Fünftheile des Himmels mit leichten weifsen und zerstreuten Wolken bedeckt sind, so läfst sich dieses wohl zunächst nur daraus erklären, dafs in jenen tropischen Gegenden bei grofser Reinheit der Atmosphäre die Intensität des Lichts nur wenig durch das leichte Gewölk, der weiten Ausbreitung ungeachtet, geschwächt wird; denn Scoresby sagt dagegen, dafs ein bedeutender Theil der Färbung des Meeres auf Täuschung beruhe[3] und vom Einflusse der Sonne sowohl als auch der Färbung der Wolken abhänge, so dafs, von der Ferne gesehn, die Farbe des Meeres mit der der Wolken wechselt und selbst leichte Wolken eine bräunliche oder schwärzliche Färbung erzeugen. Im Ganzen erstreckt sich jedoch dieser Einflufs vorzüglich nur auf einen Wechsel der tiefern oder hellern Färbung, indem das eigentliche Blau des Seewassers unter allen Umständen, bei Windstille und Sturm, heiterem oder trübem Wetter, Reinheit oder Bedecktheit des Himmels bleibt. Diese Behauptung würde jedoch mit den Erfahrungen aller andern Beobachter im Widerspruch stehn,

1 Mém. de l'Acad. T. IX. p. 615.
2 Farbenlehre. Bd. I. S. 59.
3 Dieses sagt wohl nichts anderes, als sie sey subjectiv.

wenn man vergäfse, dafs hier blofs von der durch ein langes, geschwärztes Rohr wahrgenommenen Farbe die Rede ist.

54) Das schöne tiefe Blau des atlantischen und anderer Meere wird blasser, wenn die Tiefe des Meeres in der Nähe der Küsten abnimmt, theils weil dann die Reinheit geringer ist, theils weil mehr weifses Licht von dem Grunde reflectirt wird, und die Seefahrer beachten daher den Farbenwechsel in unbekannten Meeren, um Untiefen oder Strömungen daraus abzunehmen. Das Wasser der Nordsee hat einen grünlichen Schein, wie schon PONTOPPIDAN bemerkte, vermuthlich in Folge geringerer Reinheit, und überhaupt wird die Farbe des Meeres an einzelnen Stellen, namentlich unweit der Mündungen grofser Flüsse, durch mancherlei Ursachen bedingt. BLADH[1] sah einst in der Gegend von Sumatra die See röthlich gefärbt, was bei näherer Untersuchung sich als eine Folge von vegetabilischen Stoffen zeigte, die aus den Wäldern herbeigeführt waren. In andern Fällen erhielten einzelne Striche des Meeres eine rothe Färbung durch kleine Thiere, die für Krebse gehalten wurden. Ueberhaupt aber sind Trübungen und Färbungen einzelner Parthieen im Meere, wenn sie noch obendrein bald vorübergehn, meistens an sich so unbedeutend und aus nahe liegenden Ursachen so leicht zu erklären, dafs die Seefahrer es nicht für der Mühe werth halten, vorzügliche Aufmerksamkeit darauf zu richten und die Thatsache nur aufzuzeichnen. SCORESBY[2] erwähnt von seinen vielen Seereisen nur eine einzige, ihm wiederholt vorgekommene, höchst merkwürdige, partielle Färbung. Hiernach ist das grönländische Meer gewöhnlich ultramarinblau, an einzelnen Stellen aber olivengrün und auffallend undurchsichtig. Schon HUDSON machte 1607 die Bemerkung, dafs das Wasser jener Meere an den vom Eise freien Stellen diese Farbe häufig habe, jedoch war das Zusammentreffen der Färbung und des Freiseyns vom Eise nur zufällig, indem das olivengrüne Wasser wohl den vierten Theil des grönländischen Meeres zwischen den Parallelen von 74° und 80° einnimmt, wobei die Lage jedoch mit der Veränderung der Strömungen wechselt. Oft bildet dieses

1 Schwed. Abhand. Th. XXXVII. S. 174.

2 Account of the Arct. Reg. T. I. p. 178. Vergl. Tageb. u. s. w. S. 340.

olivengrüne Wasser nur einzelne Streifen, zuweilen aber nimmt es den Raum zwischen zwei bis drei Breitengraden in seiner Länge ein, bei einer Breite von zwei bis 10 oder gar 15 Seemeilen. Zuweilen geht die gewöhnliche blaue Farbe des Meeres durch allmälige Abstufungen in die olivengrüne, sogar auch grasgrüne durch allmälige Abstufungen über, zuweilen aber sind die Grenzen beider scharf abgeschnitten. Bei der Untersuchung der färbenden Substanz dieses Wassers, die in großer Menge auf dem Eise abgesetzt wurde, fand Scoresby vermittelst eines Mikroskops kleine Thierchen, zum Geschlechte der Medusen gehörig, aus halbdurchsichtigen Kügelchen mit Flecken bestehend und $\frac{1}{70}$ bis $\frac{1}{30}$ Zoll im Durchmesser, außerdem aber kleine fadenförmige Substanzen, von der Länge eines Punctes bis zu einem Zehntel eines Zolles und aus mehrern Gliedern zusammengesetzt, deren Zahl ihre Länge bedingte, während ihr Durchmesser nur etwa $\frac{1}{300}$ Zoll betrug. Letztere waren dunkler gefärbt, es ließs sich jedoch nicht unterscheiden, ob sie lebten oder nicht. Die Zahl der Medusen, welche jene Streifen färben, beträgt in einer einzigen engl. Kubikmeile nach Schätzung zum mindesten 24 Billionen und geht also ganz über die Möglichkeit der Vorstellung hinaus, aber noch mehr ist dieses der Fall, wenn man bedenkt, daſs diese gefärbten Streifen im Ganzen eine Ausdehnung von 20 bis 30 Tausend engl. Quadratmeilen haben. Auſser diesen Medusen entdeckte Scoresby in dem Wasser unweit Spitzbergen unter 77° 30′ N. B. noch drei verschiedene Species kleiner Thierchen, die sehr lebendig, aber mit unbewaffneten Augen nicht unterscheidbar waren, und sein religiöser Sinn leitet ihn zu der allerdings nahe liegenden Betrachtung, wie doch die Allmacht des Schöpfers eine solche unermeſsliche Menge lebender Wesen in jene öden Gegenden zu bringen wuſste, von denen verschiedene Species gröſserer Mollusken sich nähren, die den riesenhaften Wallfischen zur Nahrung dienen.

Zuweilen ist die Ursache, die eine Färbung des Seewassers bewirkt, nicht aufzufinden. So erzählt James Prior[1], daſs eines Abends in der Nähe des Aequators unweit Galega

---

1 Beschreibung einer Reise in das indische Meer. Weim. 1819. S. 117 u. 152.

das Meer plötzlich weiſs wie Milch oder Kalkwasser erschien, ohne daſs sich der Grund dieser Veränderung angeben lieſs, denn in dem geschöpſten Wasser fand man nichts anderes, als einen durchscheinenden, faserartigen Stoff. Manche Färbungen des Meeres werden durch kleine Thierchen oder animalische Secretionen erzeugt, die sich über bedeutende Strecken ausbreiten, in den heiſsen Zonen am häufigsten sind und bei Nacht einen phosphorischen Schein geben. So sah Finlayson[1] einst in der Nähe von Prince-Walesinsel das Meer mit einem grünen Schleime bedeckt, welcher bei Nacht leuchtete, auch Tuckey[2] fand nach der Umsegelung von Cap Palmas im Meerbusen von Guinea, daſs das Meer eine weiſsliche Farbe annahm, und zwar stets mehr, je näher man zur Prinzeninsel kam.

I. Leuchten des Meeres.

55) Das Meer zeigt namentlich beim Schlagen der Ruder oder in den Furchen der Schiffe so allgemein leuchtende Puncte und Streifen, daſs diese Erscheinung unter niederen Breiten, z. B. im mittelländischen Meere und an den Küsten von Portugal und Spanien, schon in den frühesten Zeiten auffallen muſste, und es bezieht sich daher wohl nur auf die Stärke und Ausdehnung dieses Phänomens, wenn Athan. Kircher angiebt, daſs Amerigo Vespucci dasselbe zuerst wahrgenommen habe. Robert Boyle[3] sammelte viele Nachrichten hierüber von den Schiffern und machte diese bekannt, nachher aber, bis auf die neuesten Zeiten herab, theilten eine Menge von Seefahrern ihre Beobachtungen hierüber mit und kamen im Ganzen darin überein, daſs der Lichtschein von kleinen phosphorescirenden Thierchen oder von faulenden thierischen Substanzen herrühre. So meinte Bourzes[4], welcher auf seiner Reise nach Indien viele Beobachtungen darüber anstellte, eine fette, klebrige Materie, vermuthlich ein Product der Fäulniſs, sey die Ursache des Leuchtens. Gleicher Ansicht war Canton[5], indem er sich auf die Wahrnehmung bezog,

1 Voyage to Siam and Hué. 1821 u. 22. p. 33.
2 G. LXI. 318.
3 Works. T. III. p. 304.
4 Lettres édifiantes. T. IX. Par. 1730.
5 Phil. Trans. T. LIX. p. 446.

dafs Seefische und das Wasser, worin sie sich befinden, beim Anfange der Fäulnifs phosphoresciren. Die meisten Naturforscher fanden jedoch bald, dafs die leuchtende Substanz zur Thierwelt gehöre, und ihre Untersuchung war hauptsächlich nur darauf gerichtet, die eigenthümlichen Thierarten kennen zu lernen, die das Leuchten verursachen; Le Roi[1] hielt die Substanzen, die das Schiff bei Tage in die Höhe warf und welche bei Nacht den leuchtenden Schein gaben, deswegen nicht für Thiere, weil er sie, mit einem Tuche aufgefangen, rund und ohne Merkmale thierischen Lebens fand. Vianelli[2], Griselini[3], Nollet[4], Fougeroux de Bondaroy[5], Forskäl[6], Bartholin[7], Donati[8], Riville[9] und andere glaubten die Thierchen zu erkennen, die das Leuchten bewirken, und beschrieben die verschiedenen Arten derselben, Bajon[10] suchte die Ursache in der Reibung der Wassertheilchen und Coudrenière[11] in gewissen allgemeiner verbreiteten phosphorischen Substanzen. Forster[12], ein fleifsiger Beobachter, unterscheidet drei Arten des Leuchtens, zuerst dasjenige, welches bei einigen Wellen in der Nähe der Schiffe wahrgenommen wird und ihm elektrischer Natur zu seyn scheint, dann ein während langer Windstille und bei heifsem Wetter statt findendes, weit verbreitetes, nach seiner Ansicht phosphorisches Leuchten der See und endlich das in einzelnen Funken sichtbar werdende Leuchten kleiner Thierchen.

56) Das Leuchten des Meeres ist nicht blofs der Stärke nach verschieden, sondern zuweilen der ganzen Art nach, und

---

1 Mém. prés. à l'Acad. T. III.

2 Nuove scoperte intorno alle luci noturne dell' acqua marina. Venez.

3 Observations sur la scolopendre marine luisante. Venise 1750. 8.

4 Mém. de Par. 1750.

5 Mém. de Paris 1767.

6 Niebuhr Reise nach Arabien. Th. I. S. 7.

7 De luce animalium.

8 Auszug a. Naturgeschichte d. adriatischen Meeres u. s. w. Halle 1753. 4.

9 Mém. prés. T. III.

10 Rozier observat. T. III. p. 104.

11 Ebend. T. V. p. 451.

12 Bemerk. S. 52 ff.

man könnte allerdings die von Forster angegebenen drei Arten als statt findend annehmen, jedoch reduciren sie sich vermuthlich nur auf zwei, obgleich es schwer hält, die verschiedenen Aussagen übrigens glaubhafter Zeugen zu vereinigen. Der Lichtglanz, welcher nach der Erzählung von Labillardière[1] einst sein ganzes Schiff einhüllte und nicht sowohl aus dem Meere, als vielmehr aus der Luft zu kommen schien, mag allerdings elektrischen Ursprungs gewesen seyn. Ungeachtet jedoch dieser Reisende der Elektricität einen Einfluſs auf das Leuchten des Meeres beimiſst, beschreibt er dennoch das eigentliche Phänomen in seiner gröſsten Stärke, wenn das ganze Meer feurig erscheint, wenn die Furche des Schiffes und die Wellen leuchten, ganz so, wie die übrigen Seefahrer dasselbe in den Meeren der heiſsen Zone beobachtet haben, und leitet es von zahllosen leuchtenden Thierchen ab. Noch auffallender und dem oft beobachteten Leuchten des Meeres zwar näher kommend, aber doch nicht völlig gleichend ist das von Le Gentil[2] beschriebene Phänomen. Im Canal von Mozambique schien einst in einer stürmischen Nacht das Meer überall in Feuer zu stehn. Das groſse Focksegel warf von diesem Leuchten einen Widerschein zurück, als wenn eine Menge Lampen dasselbe bestrahlten. Auf der Spitze des groſsen Mastes zeigte sich das Elmsfeuer und nach der Versicherung der Seeleute soll das Meer in dieser Gegend stets glühn, wie denn überhaupt ein solches Leuchten im indischen Meere weit häufiger sey, als jenseits des dreiſsigsten Breitengrades auf beiden Hemisphären. Das Leuchten des Meeres zur Zeit der herrschenden Orkane schien ihm stets ein Vorbote bevorstehender Wetterveränderung zu seyn und erfüllte ihn daher mit Furcht. Da es ihm nicht gelingen wollte, in dem geschöpften Wasser mit dem Vergröſserungsglase Körper zu entdecken, die als Ursache dieser Erscheinung gelten konnten, so ist er geneigt, das erzeugte Licht für elektrisch zu halten. Inzwischen giebt es andere Erscheinungen, welche den hier mitgetheilten mindestens nahe kommen und bei denen es schwer fällt zu bestimmen, ob sie nicht ganz oder mindestens zum gröſsten Theile phosphorischer Natur sind. Das auffal-

1 Reise nach dem Südmeere. Th. I. S. 42.

2 Reise. Th. I. S. 686.

lendste Beispiel dieser Art kennen wir aus dem Berichte des Capitains Bonnycastle, welcher das Phänomen in der St. Lorenzbay beobachtete[1]. Es war am 26. Sept. um 2 Uhr Morgens, als er selbst vom Unterschiffer, der gerade die Wache hatte, mit grofsem Lärm geweckt wurde, wegen einer ungewöhnlichen Erscheinung, die sich unter dem Winde zeige. Die Nacht war sternhell, doch plötzlich wurde der Himmel in der Richtung nach dem Hochlande von Cornwallis mit Wolken bezogen und ein rasches, augenblickliches und erstaunlich glänzendes Licht, einem Nordlichte ähnlich, schofs von dem bisher dunkeln und schwarzen Meere an der Leeseite auf, von solcher Lebhaftigkeit, dafs es jeden Gegenstand, selbst bis zur Spitze des Mastes, beleuchtete. Der auf das Rufen herbeieilende Steuermann legte das Steuer bei, rief die Mannschaft, und man zog die Segel ein. Das Licht breitete sich dann über die ganze See zwischen beiden Ufern aus und die Wellen, vorher ruhig, begannen in Bewegung zu kommen. Bonnycastle beschreibt die Scene als eine lodernde Flamme eines furchtbaren und äufserst glänzenden Lichtes. Eine lange und lebhafte Lichtlinie, glänzender als die vom Schiffe entferntern Stellen, liefs die Basis des seitwärts liegenden unfreundlichen und schwarzen Landes erkennen, die Luft wurde düstrer und aufserordentlich dunkel. Lange gewundene Lichtlinien zeigten auf der Landseite eine aufserordentliche Menge grofser Fische umherschiefsend, als wären sie bestürzt über das ungewöhnliche Schauspiel. Der Bogsprit und der Hintermast waren vom Wiederschein so erhellt, als ob Gaslichter gerade unter ihnen brennten, und bis vor Tagesanbruch um 4 Uhr waren die kleinsten Gegenstände an einer Uhr deutlich zu erkennen. Der Tag brach langsam an, die Sonne ging feurig auf und später erfolgte Regen. Ein Eimer Wasser, den man während der Dunkelheit heraufgeholt hatte, zeigte mit der Hand umgerührt eine zusammenhängende Feuermasse, nicht einzelne Funken, wie sonst gewöhnlich, sondern ein wirkliches Glühen, und ein Theil desselben, in einem Kruge aufbewahrt, behielt seine leuchtende Kraft sieben Nächte hindurch. In der dritten Nacht später erschien das Leuchten

1 Journ. of the Roy. Inst. Oct. 1830. p. 194. Sillimann Amer. Journ. XVIII. p. 137.

der See abermals vorzüglich lebhaft und wurde noch schöner durch ein vom Hintertheile des Schiffes aus nachgezogenes Seil. An diesem Tage zeigte die Sonne beim Untergehen ein doppeltes Bild und wurde wenige Grade über dem Horizonte in einen langen Cylinder verwandelt; in der folgenden Nacht war das Leuchten der See ebenso stark, als das erste Mal.

Wenn man voraussetzt, dafs diese Beschreibung nicht übertrieben, wenn gleich mit lebhaften Farben aufgetragen ist, so läſst sie es kaum zweifelhaft, dafs der Zustand und die Veränderungen der Atmosphäre als mitwirkend bei dem Phänomene zu betrachten sind, ohne dafs jedoch bestimmte Thatsachen auf einen elektrischen Einfluſs oder gar auf ein elektrisches Leuchten schlieſsen lassen. Das plötzliche Eintreten des starken Lichtglanzes um zwei Uhr in der Nacht streitet nicht gegen die Phosphorescenz, denn diese konnte durch das Emporkommen der leuchtenden Substanz aus der Tiefe bedingt seyn. Auf jeden Fall war eigentliche Phosphorescenz die Hauptsache, denn sonst hätte das geschöpfte Wasser im Eimer den Lichtschein nicht in solcher Stärke zeigen und nicht so lange Zeit beibehalten können. Für Phosphorescenz hält auch Bonnycastle das erzeugte Licht, jedoch ist er nicht geneigt, dasselbe lebenden Thieren zuzuschreiben, sondern will es von einer phosphorischen Zusammensetzung herleiten, die plötzlich aus dem Wasser entwickelt und über die Oberfläche verbreitet werde und deren Ursprung aus thierischen Ueberresten und Secretionen der Fische abzuleiten sey, mit bedingendem Einflusse der im Seewasser befindlichen Salze.

57) Wahrscheinlich war dieses ungewöhnlich starke Leuchten nur eine verstärkte Erscheinung der Art, wie sie sich zeigt, wenn eine auſserordentliche und ganz unglaubliche Menge derjenigen Thierchen, welche das Phosphoresciren des Meeres bewirken, sich über bedeutende Strecken der Meeresoberfläche verbreitet. Ein ähnliches Phänomen nahm auch Finlayson[1] in der Nähe von Prince-of-Wales-Insel wahr, als eine solche Menge der kleinen Seethierchen in der Umgebung des Schiffes die Meeresfläche bedeckte, dafs sie mit einem grünen Schleime überzogen zu seyn schien, wie bereits erwähnt worden ist. Bei Nacht leuchtete dieser und die Unter-

1 Voyage to Siam and Hué in the Years 1821—22. p. 38.

suchung ergab, dafs er aus kleinen Thierchen bestand, von der Gröfse eines Stecknadelknopfes, die auf die Hand gelegt etwa ein bis zwei Secunden lang sich schnell bewegten, dann aber sich nicht mehr bewegten und hiermit zugleich erloschen. Bei einer solchen allgemeinen und ausgebreiteten Phosphorescenz erscheint die Oberfläche des Meeres nach vorausgegangener Schwärze oft plötzlich milchweifs. So sah einst Godeheu de Riville[1], dafs das Meer an der Küste von Malabar das Ansehn einer beschneiten Oberfläche annahm, und eine gleiche Erscheinung in demselben Meere nahm Horsbourgh[2] wahr. Um Mitternacht, als der Himmel mit Wolken bedeckt und die See sehr finster war, wurde sie rings umher gleichmäfsig weifs und gleichsam flammend, ohne die einzelnen Lichtpuncte und Lichtstreifen, die zum Leuchten des Meeres gehörig von ihm unter der Linie vielfach beobachtet worden waren. Das Phänomen dauerte ungefähr zehn Minuten und soll sich unweit der Molucken häufig zeigen. Macartney[3] selbst sah an der englischen Küste bei Herne-Bay einst im September einen leuchtenden Streif von 18 F. Breite, welcher vom Ufer auslief und sich bis 1,5 engl. Meilen weit in die See erstreckte. Das hiervon verbreitete Licht war so stark, dafs er einen in einiger Entfernung stehenden Menschen genau erkennen konnte; es dauerte aber nur 4 bis 5 Minuten lang. Der Wundarzt Langstaff erzählte, dafs er dieses Phänomen auf der Fahrt von Neuholland nach China wahrgenommen habe. Nach Sonnenuntergang wurde das Meer plötzlich weifs wie Milch und das Schiff schien sich über beschneietem Eise zu befinden. In dem geschöpften Wasser entdeckte man eine unzählbare Menge leuchtender Kugeln von der Gröfse eines Stecknadelknopfes, die an einander hängend Ketten von höchstens drei Zoll Länge bildeten, mit der Hand geschöpft diese leuchtend machten, bei der Trennung der Finger von einander gelöst wurden, aber einander genähert wie Quecksilberkügelchen sich wieder vereinigten. Beim Lichte waren sie so durchscheinend, dafs man sie nicht erkannte, und beim Mond-

1 Mém. des Sav. étrang. T. III.

2 Macartney in G. LXI. 23.

3 Observations on luminous animals in Phil. Trans. 1812. Bibl. Brit. 1812. Aout. p. 801. Mit begleitenden Anm. von Tilesius in G. LXI. 1 ff.

schein nahm das Meer seine gewöhnliche dunkle Farbe wieder an. MACARTNEY hält diese Thierchen für Medusen, TILESIUS degegen für Salpen. Auch DIQUEMARE[1] sah 1775 den Hafen und die Umgegend von Havre mit einer zahllosen, auf der Oberfläche des Wassers schwimmenden Menge kleiner Thierchen bedeckt, deren Licht, wenn man von dem Wasser in einem Gefäfse schöpfte, selbst durch eine Wachskerze nicht ganz verdunkelt wurde.

58) Die so eben beschriebene Art des Leuchtens ist diejenige, welche FORSTER für eine phosphorische hielt, das Licht dagegen, welches die Wellen zeigen, wenn sie gegen die Wandungen des Schiffes schlagen, hielt er für elektrisches, und diese Ansicht hegte auch LE GENTIL[2], so wie im Ganzen auch BAJON[3], welcher Reibung als nothwendige Bedingung jeder Art dieses Leuchtens betrachtete. Allerdings ist dieses ein Beförderungsmittel der Lichtentwickelung, aber kein ausschliefsliches, und dafs Reibung des Wassers Elektricität erzeugen solle, wie J. BRESSY[4] meint, ist nicht factisch erwiesen, aber auch selbst nicht einmal wahrscheinlich. Nach TILESIUS, v. HUMBOLDT[5] und vielen andern ist das Leuchten des Meeres in den heifsen Zonen ungleich stärker als in den kalten und überhaupt scheint Wärme ein Beförderungsmittel desselben zu seyn; Letzterer behauptet jedoch, dafs Wärme und Kälte einen nur geringen Einflufs auf das Leuchten haben, denn an den Küsten von Neufundland ist es oft sehr stark selbst bei der strengsten Kälte. An den Küsten von England beobachtete MACARTNEY das Leuchten häufig und anhaltend, KALM[6] sah die Nordsee stark leuchten, und der Lichtglanz theilte sich nicht blofs dem Verdecke des Schiffes, sondern auch einem Theile seines eigenen Körpers mit, als eine Welle herüberschlug. Dafs die Ostsee leuchte, ist hinlänglich erwiesen, ob aber das Meer unter hohen Breiten, namentlich das grönländische, gleichfalls leuchte, darüber wagt SCORESBY[7]

1 Rozier Observ. T. VI. p. 319.
2 Voyage aux Indes T. I. p. 685 ff.
3 Rozier Observat. T. III. p. 104.
4 Essay sur l'électricité de l'eau. Par. an. 5.
5 Tableaux de la Nature. T. II. p. 80 ff.
6 Reise Th. I. S. 120.
7 Account of the Arctic Regions T. I. p. 181.

nicht zu entscheiden, weil er niemals zu einer Zeit dort war, wenn die Sonne unter den Horizont ging; jedoch hält er es für sehr wahrscheinlich, da die Thierchen, die den Lichtschein geben, sich dort in so großer Menge befinden, daß sie dem Wasser eine grüne oder eine bräunlich grüne Farbe ertheilen.

59) Das Leuchten zeigt sich nach v. Humboldt mit überraschender Schönheit, wenn ein Schiff das Meer durchschneidet und die Wogen des Wassers vom Kiele aufwärts sich mit einem Lichtglanze bis zur Oberfläche erheben. Ueberhaupt erzeugt das Seewasser einen blitzähnlichen Schein, sobald es gegen irgend einen festen Körper stößt, und wenn v. Humboldt nach einem Bade im Golf von Cariaco neben Cumana aus dem Wasser stieg, so blieb ein Theil seines Körpers leuchtend, weil die lichtgebenden Fibern auf der Haut festsaßen. John Luccock[1] beobachtete das Phänomen des Leuchtens häufig in der heißen Zone. Zur Nachtzeit hat es in den Furchen der Schiffe die Gestalt glänzender Sterne oder runder Massen von grüner Farbe, die oft acht Zoll Durchmesser haben. Sie schwimmen neben dem Schiffe in jedem Theile des Wassers, den der Boden desselben berührt hat, bis an den untersten Rand des Kieles, und bilden hinter demselben einen langen feurigen Streif. Zu andern Zeiten, wenn die See hoch geht, wenn die Wogen sich brechen und schäumen, gleicht das Licht auflodderndem Feuer, so weit das Auge nur reicht, und das Schiff scheint über Wogen flüssigen Feuers hinzufahren. Ist der Himmel trübe, so bildet der Glanz des Wassers einen furchtbaren Contrast mit der schwarzen Wölbung über demselben. Das stark leuchtende Wasser scheint am Tage zuweilen trübe, und bei genauerer Untersuchung zeigen sich Myriaden von halbkugelförmigen Körperchen, die zum Medusengeschlechte gehören. Reibung scheint dieses Phosphoresciren zu unterstützen und ist vielleicht wesentlich nothwendig. Im Canal und in der Nordsee findet das Leuchten bloß auf der Oberfläche statt, unter den Tropen aber auch in der Tiefe, wie man wahrnimmt, wenn gefangene Haifische mehrere Faden tief umhertoben; auch erzeugen schnell schwimmende Fi-

1 Bemerkungen über Rio de Janeiro und Brasilien u. s. w. Uebers. von Leidenfrost. Weim. 1821. Th. I. S. 37.

sche eine leuchtende Furche auf gleiche Weise als die Schiffe. Ich selbst habe vom Phosphoresciren des Meeres nur die schwächsten Spuren gesehn, nämlich die grünlich-weifsen Funken, die sich in grofser Zahl in dem Wasser zeigen, welches die Räder der Dampfschiffe emporwerfen; es war dieses beide Male im October, das eine Mal auf dem adriatischen Meere, das andere Mal auf der Nordsee.

60) Am meisten war stets die Meinung vorherrschend, dafs das Leuchten des Meeres von kleinen Thierchen herrühre, und man suchte vor allen Dingen die verschiedenen Classen derselben aufzufinden, die dieses Phosphoresciren bewirken, jedoch war die Mehrzahl der Beobachter geneigt, fauligen Substanzen, namentlich den Fischen im Uebergange zur Fäulnifs, gleichfalls einen Antheil an der Ursache dieses Phänomens beizumessen. Spallanzani[1] ist nicht geneigt, das Faulen der Fische als eine Ursache des Phosphorescirens zu betrachten, weil die fettesten am wenigsten hierzu geneigt sind und aufserdem diese Substanzen sich zur Oberfläche erheben, das Leuchten aber sich bis zur Tiefe von mindestens 40 Fufs erstreckt, und er suchte daher den Grund mehr in einer Eigenthümlichkeit des Seewassers. Beccari[2] fand, dafs die Pholaden noch im lebenden Zustande leuchten; Martin[3] dagegen schrieb diese Eigenschaft einer gewissen fettigen Substanz zu, womit alle Seefische, namentlich die mit weifsen Schuppen versehenen, nach seinen Untersuchungen überzogen sind. Hablitzl[4] sah einst ein aus dem kaspischen Meere gezogenes Ankertau mit einer Menge leuchtender Seethiere (*cancer pulex*) bedeckt, und fand also in diesen die Ursache des Phänomens, Canton[5] dagegen sah, dafs die Fische im Uebergange zur Fäulnifs dem Seewasser und überhaupt dem salzhaltigen Wasser, aber nicht dem süfsen, einen Lichtschein mittheilen. Viele Zeit verwendete Adanson[6] auf diesen Gegenstand,

---

1 Memorie della Soc. Italiana. T. II. Ueb. in Leipziger Sammlungen zur Physik und Naturgeschichte. Th. IV. S. 289.

2 Comment. Bonon. T. II. p. 232 und 261.

3 Schwed. Abhand. Th. XXIII. S. 225.

4 Nordische Beiträge Th. IV. S. 396. Acta Petrop. T. VI. p. 71.

5 Philos. Trans. T. LIX. p. 446.

6 Reise nach Senagambien S. 150.

indem er mehrere Gläser mit Fischen und Schalthieren füllte und sich an dem Lichtscheine ergötzte, den diese insgesammt im lebenden Zustande und gleich nach dem Tode verbreiteten, der sich nicht bloſs dem Wasser mittheilte, sondern selbst von den Wänden der Gefäſse zurückgestrahlt wurde. Auch Cook[1] fand an der Westküste America's am 2. März bei Windstille das Meer mit einer schleimigen Substanz bedeckt, um welche viele Mollusken schwammen, die am Tageslichte in den verschiedensten Farben spielten, zuweilen aber ganz durchsichtig erschienen, in der Dunkelheit aber schwach leuchteten. Labillardière, dessen Aufmerksamkeit durch das von ihm beobachtete starke Leuchten des Meeres erregt war, seihte von dem geschöpften Wasser durch Leinwand und fand dann phosphorescirende Kügelchen, die er als Mollusken erkannte, und welche auf dem Filtrum zurückgeblieben, während das abgelaufene Wasser seine Leuchtkraft verloren hatte. Vorzüglich gründliche Untersuchungen über das Leuchten des mittelländischen Meeres und einige dieses verursachende Thierchen hat Viviani[2] angestellt.

61) Bei weitem die Mehrzahl der hier genannten Beobachter, deren Zahl sich leicht noch bedeutend vermehren lieſse[3], hegen die Ansicht, daſs das Leuchten des Meeres die Wirkung kleiner Weichthiere sey, deren sie verschiedene Arten, der eine diese, der andere jene, in dem geschöpften Wasser erkannten und zugleich das aus ihnen ausströmende, meistens ins Grünliche spielende, phosphorische Licht wahrnahmen. Dagegen untersuchte Oken[4] das bei der Insel Wangerog geschöpfte Seewasser und fand, daſs dasselbe durch Treten mit dem Fuſse, Schlagen mit der Hand, durch Umrühren und überhaupt durch starke Bewegung leuchtend wurde; weil er aber keine phosphorescirenden Thiere darin entdecken konnte, so leitete er den Lichtschein von einer dem Wasser beigemischten schleimigen Substanz ab. Hiervon nahm Hel-

1 Aus seiner Reise ausgezogen von G. XXXV. 234.

2 Domenico Viviani Phosphorescentia maris 14 phosphorescentium animalium speciebus illustrata. Gen. 1805.

3 Tilesius nennt noch Osbeck, Löffling, Hasselquist, Slabber, Ellis, Baster und Cavolini, deren Arbeiten ich jedoch nicht kenne.

4 Schweigger's Journ. Th. XII. S. 343.

WIG[1] Veranlassung her, das Leuchten des Meeres für ein Phosphoresciren durch Insolation zu halten, weil er bei seinem Aufenthalte am schwarzen Meere und an den Küsten Italiens gefunden haben wollte, dafs die Stellen der See, welche gegen die einfallenden Sonnenstrahlen geschützt sind, nicht leuchten, und in dieser Ansicht bestärkte ihn GIOBERT's[2] Beobachtung einer Phosphorescenz beim vitriolisirten Weinstein. Allein dieses Argument ist auf jeden Fall zur Unterstützung einer an sich nicht wahrscheinlichen Hypothese zu schwach und aufserdem ist leicht begreiflich, dafs sich die phosphorescirenden Weichthiere aus den beschatteten und daher kalten Theilen des Meeres zurückziehn.

62) Als wichtigste Untersuchungen über diesen Gegenstand, welche die neuere Zeit geliefert hat, sind die von MACARTNEY und von TILESIUS zu betrachten. MACARTNEY[3] beobachtete mit Sorgfalt die Erscheinungen des Leuchtens der See an den englischen Küsten, überzeugte sich, dafs es durch verschiedene im lebenden Zustande und nur kurze Zeit nach dem Tode leuchtende Thierchen verursacht werde, und untersuchte dann die verschiedenen Arten dieser Bewohner des Meeres mit Hülfe des Mikroskops. Dieses gefundene Resultat ist in Beziehung auf unsere vorliegende Untersuchung allein von Wichtigkeit, indem der Hauptheil der ganzen Abhandlung sich auf die Beschaffenheit der verschiedenen Species leuchtender Seethierchen bezieht und also zunächst der Zoologie angehört. Rücksichtlich des Letztern fand MACARTNEY einen überlegenen, zugleich aber allzu unfreundlichen Gegner an TILESIUS, welcher als Begleiter KRUSENSTERN's auf der bekannten Entdeckungsreise theils in dem weiten Umfange der durchschifften verschiedenen Meere, theils in der Aufmunterung und willfährigen Unterstützung durch einen Befehlshaber von so hoher, nur selten vorhandener wissenschaftlicher Bildung, theils endlich in dem Beistande zweier anderen wackeren Gelehrten, LANGSDORF's und HORNER's, die vorzüglichsten

1 G. L. 126. LI. 115.

2 Gren's Journ. d. Ph. Th. II. S. 437.

3 Observations on luminous animals. In Phil. Trans. 1812. Biblioth. britann. 1812. August. p. 301. Mit Anmerk. von TILESIUS in G. LXI. 1. 113.

Hülfsmittel zur gründlichen Erforschung der Aufgabe fand und auf jeden Fall wohl mit Recht behauptet, daſs auf die Ergebnisse der Beobachtungen, welche bloſs an den englischen Küsten angestellt worden sind, nicht füglich eine vollständige Beurtheilung des Phänomens in seinem ganzen Umfange gebaut werden kann. Die Naturforscher auf dieser für die Wissenschaft so ergiebigen Expedition begnügten sich nicht mit der bloſsen Betrachtung des Phänomens, sondern sie schöpften von dem leuchtenden Wasser und seihten es durch doppelte Leinewand, worauf sich dann ergab, daſs das durchgelaufene Wasser den Lichtschein verloren hatte, während die auf dem Filtrum zurückgebliebenen Thierchen ihre Leuchtkraft beibehielten[1]. Die auf diese Weise in den verschiedenen Meeren gefundenen Thiere untersuchte Tilesius[2] rücksichtlich der Art, Stärke und Dauer ihrer Leuchtkraft auf verschiedene Weise und erforschte ihre physische Beschaffenheit vermittelst des Mikroskops. Hiernach zeigt sich das Leuchten der See am schönsten und vollständigsten in den tropischen Meeren, nur mangelhaft und unvollständig dagegen unter höhern Breiten, bald wie ein matter Lichtschimmer oder ein gleichmäſsig verbreiteter Milchglanz, bald wie einzelne Sterne, Feuerkugeln, Lichtkegel, feurige Ketten, Fäden und Bänder, bald wie einzelne hervorsprühende Funken. Es leuchten bloſs lebende Thiere, nämlich Mollusken, Crustaceen und Infusorien, aber es giebt deren eine zahllose Menge, als insbesondere die Salpen und deren lebende, frei im Meere umhertreibende Eierstöcke (*Pyrosomen*), Medusen, Beroen, Physalien, Physsophoren, Rizophysen, Stephanomien, kleine mikroskopische Krebschen und Entomostraca, ferner Onisci, Monoculi und deren Larven, Seefedern, Nereiden, Zoophyten und Infusionsthierchen. Alle diese leuchten auf eine eigenthümliche Weise, wie ihre Gestalt, verschiedene Organisation und Respirationsorgane, die das Licht auszuhauchen scheinen, es mit sich bringen. Das Licht der Pyrosomen ist feurig und flammend, das der Krebschen sprühend, wie Funken einer Schmiede-Esse, das

---

1 Krusenstern's Reisen Th. I. S. 60.

2 Die Resultate dieser Untersuchungen sind enthalten im 4ten Th. der Krusenstern'schen Reise und in dem dazu gehörigen prächtigen Atlasse; sehr ausführlich auch in G. LXI.

der Salpen wie lange feurige Fäden, das der Medusen matter. Auch giebt es eine Menge im Meere, namentlich aus verwesenden Seepflanzen, auf gleiche Weise, als im süſsen Wasser durch faulende Vegetabilien erzeugte Infusorien, welche mit einem matten Lichte leuchten, wie Spallanzani gleichfalls aufgefunden hat. Diese verschiedenen leuchtenden Thiere waren oft in so groſser Menge vorhanden, daſs dann das Schiff eine breite und wohl 50 Fuſs lange feurige Furche hinterlieſs, aus welcher groſse und kleine Feuerkugeln hervorsprühten und in welcher man die Züge der fliegenden Heringe deutlich erkennen konnte. Wenn in den Tropengegenden nach einer einige Tage anhaltenden Windstille sich ein frischer Wind erhebt, so pflegen im Dunkel der Nacht an der sich kräuselnden Oberfläche des Meeres zahllos viele leuchtende Puncte zu erscheinen, die bei rascherem Wellenschlage zusammenflieſsen und gleichsam ein Feuermeer bilden. Auch in diesem Falle, wenn das ganze Meer als eine zusammenhängende, leuchtende Masse erschien, waren mikroskopische Meerinsecten und Mollusken die Ursache des Leuchtens, indem die Millionen leuchtender Puncte dem unbewaffneten Auge als eine zusammenhängende Fläche erschienen. So groſs übrigens die Zahl der bereits früher und hauptsächlich durch Tilesius aufgefundenen und genau beschriebenen Seethierchen ist, die das Vermögen zu leuchten besitzen, so glaubt dieser doch selbst nicht, sie insgesammt zu kennen. Bei der unermeſslichen Ausdehnung des Meeres und den verhältniſsmäſsig wenigen Fahrstraſsen auf demselben, nebst der Schwierigkeit, an beliebige Orte zu gelangen, ist dieses sehr natürlich, auch hat Ehrenberg[1] sogar in wenigem ihm zugesandten Wasser der Ostsee eine bisher unbekannte Species entdeckt, die er *Polynoë fulgurans* nennt.

63) Daſs das Leuchten des Meeres nach allen diesen vielen und unter einander sehr gut übereinstimmenden Untersuchungen von phosphorescirenden Thierchen herrühre, unterliegt keinem Zweifel. Auch Artaud[2], Pfaff[3] und Finlayson[4] sind der Meinung, daſs diese Thierchen nicht so-

1 Poggendorff Ann. XXIII. 149.
2 Annales maritimes et coloniales.
3 Schweigger's Journ. LII. 316.
4 Edinburgh Journ. of Sc. N. XVI. p. 362.

wohl in der Ruhe, als vielmehr bei ihrer Bewegung leuchten und dafs der Lichtschein durch die Bewegung entweder bedingt, oder mindestens verstärkt wird. Hiermit ist aber eine andere Frage noch nicht beantwortet, nämlich ob dieses die einzige Ursache dieses Phänomens sey und alles Licht des Meeres durch die Phosphorescenz kleiner lebender Thierchen erzeugt werde, oder ob auch andere, namentlich in Fäulnifs übergehende Substanzen dem Seewasser einen phosphorischen Schein ertheilen. Letzteres zu bejahen scheinen mir überwiegende Gründe vorhanden zu seyn. Vor allen Dingen zeigen die interessanten Versuche von Nathanael Hulme[1], dafs ein grofser Theil Seefische beim Uebergange zur Fäulnifs nicht blofs bedeutend phosphoresciren, sondern auch die Eigenschaft zu leuchten dem Wasser, worin sie sich befinden, und festen Körpern, die sie berühren, mitzutheilen pflegen. Al. v. Humboldt[2] sagt ausdrücklich, dafs das Leuchten der See nur zuweilen von phosphorescirenden Thierchen herrühre, denn in den meisten Fällen sey selbst mit Hülfe von Vergröfserungsgläsern in dem leuchtenden Wasser kein Thier zu entdecken, dennoch aber, wenn eine Welle einen harten Gegenstand trifft und dabei Schaum erzeugt, oder wenn das Wasser stark bewegt wird, entstehe ein blitzähnliches Licht, welches ohne Zweifel von den Fibern todter Mollusken entstehe, deren es eine unendliche Menge in der Tiefe der See giebt. Allerdings steht dieser Ansicht entgegen, dafs das Wasser, welches auf Krusenstern's Entdeckungsreise durch doppelte Leinwand filtrirt war, seine Leuchtkraft verloren hatte; allein v. Humboldt, welcher dieses Verfahren, ebenso wie früher La Billardière, gleichfalls anwandte, meint, die leuchtenden Fibern blieben in der Gestalt leuchtender Puncte auf der gebrauchten dichten Leinwand zurück, und es hat durchaus nichts Widersprechendes anzunehmen, dafs eben die durch beginnende Zersetzung erzeugte schleimige Substanz, durch ein solches Filtrum zurückgehalten, sich auf demselben zu leuchtenden Kügelchen vereinige. Bei der ungeheuren Menge der vorhandenen Mollusken ist es leicht denkbar, dafs auch ohne das Vorhandenseyn organisirter Wesen das Seewasser durch die

2 Philos. Trans. 1800. p. 161. 1801. p. 483. G. XII. 129. 292.
2 Tableaux de la Nature T. II. p. 83.

Reste dieser Thiere schleimig werde, dadurch leuchte und für Menschen untrinkbar gemacht doch den Fischen Nahrung gebe. LANGSDORF[1], welcher zugleich mit TILESIUS auf der Krusenstern'schen Entdeckungsreise die Erscheinungen des Leuchtens beobachtete und die dasselbe wohl in der Regel erzeugenden Thierchen untersuchte, so wie der sorgfältige Forscher PERON[2], sind der Meinung, daſs ein Theil dieser Phosphorescenz animalischen Substanzen im Uebergange zur Fäulniſs beizumessen sey. TILESIUS leitet zwar alles Leuchten des Meeres von kleinen lebenden Thierchen ab, welche diese Eigenschaft nicht im Zustande der Ruhe, wohl aber bei der Bewegung äuſsern; auch stimmt diese Ansicht ganz mit der Theorie überein, welche er, mindestens anfänglich, über die eigentliche Ursache dieser Lichtentbindung hegte, er erwähnt jedoch selbst, daſs ein Stück Haifisch-Fleisch, welches acht Stunden lang am Schiffe aufgehangen und dann Abends als Köder gebraucht wurde, bei angehender Fäulniſs geleuchtet habe, wenn gleich nur mit einem matten, dem des faulenden Holzes ähnlichen Lichte. Ein vorzüglicher Beweis für die aufgestellte Hypothese scheint mir selbst in der Erzählung der Phänomene zu liegen, welche S. L. MITCHILL[3] mittheilt. Dieser sah am 13. Nov. 1800 an einem warmen Abende nach einem sehr heiſsen Tage aus seinem Fenster bei der Fluth das ganze Ufer wie mit glühenden Kohlen bedeckt, die stets Funken sprühten. Das langsam dem Ufer zuströmende Wasser schien sich mit leuchtenden Wellen zu bewegen und wenige Faden unter dem Wasser zeigten sich glänzende Erscheinungen von auſserordentlicher Helligkeit. Der Sand am Strande war mit einer unermeſslichen Menge Thierchen bedeckt, die zum Geschlechte der *Medusa simplex* gehörten und bei jeder Bewegung leuchteten, so daſs sein Fuſs bei jedem Tritte von einer 1,5 Fuſs groſsen Glorie umgeben schien. Einige noch lebende leuchteten in die Hand genommen so stark, daſs er bei ihrem Scheine Stunde und Minute seiner Uhr unterscheiden konnte. Rieb er den Sand, worauf die Thierchen gelegen hatten, mit dem Finger,

---

1 Reisen. Th. II. S. 212.

2 Entdeckungsreise. Th. I. S. 33.

3 The medical Repository by S. L. MITCHILL and E. MILLER. Newyork. T. IV. p. 375. Daraus in G. XII. 161.

so leuchteten Sand und Finger. Blieb etwas von dem schleimigen Wesen an der Haut oder den Kleidern kleben, so leuchteten diese, weswegen sowohl er selbst, als auch sein Begleiter zuweilen ganz mit Feuer überstrichen zu seyn schienen. Hierbei muſs man doch wohl annehmen, daſs auch die von den zerriebenen Thierchen zurückbleibende Substanz und auch wohl der sie einhüllende Schleim einen Lichtschein verbreiteten, obgleich Mitchill selbst bloſs den Thierchen, die oft mikroskopisch klein sind, und zwar nur im lebenden Zustande, die Leuchtkraft beilegt. Endlich hat auch Oken in dem Wasser der Ostsee, womit er seine erwähnten Versuche anstellte, keine Thierchen, wohl aber einen Lichtschein wahrgenommen.

64) Als Endresultat aller dieser ausführlichen Untersuchungen läſst sich also Folgendes mit überwiegender Wahrscheinlichkeit aufstellen. Das Leuchten des Meeres ist im Ganzen die Folge der zahllosen gröſsern und kleinern, bis zu den mikroskopischen herabgehenden, phosphorescirenden Seethierchen, welche die einzelnen blitzenden Funken, die hellleuchtenden Streifen im Wasser bei eigener Bewegung oder beim Stoſse fester lebloser oder lebender Körper gegen sie, z. B. der Ruder, der Fische u. s. w., erzeugen, die Furche eines fahrenden Schiffes sowohl, als auch die gegen dasselbe schlagenden Wellen leuchtend machen und diesen Lichtschein dem Ufer, dem menschlichen Körper und sonstigen Gegenständen, welche durch das mit ihnen erfüllte Wasser benetzt sind, mittheilen. Auch der weit verbreitete Ueberzug groſser Strecken des Meeres, wonach dasselbe milchicht, weiſs und bis zu groſser Intensität selbst feurig erscheint, ist meistens eine Folge dieser Thierchen, deren Zahl, nebst der Menge ihrer verschiedenen Gattungen, nicht minder ihr Vermögen zu leuchten, stärker ist in den heiſsen, als in den kalten Zonen. Die durch sie erzeugten Phänomene sind leicht zu unterscheiden von denen, welche die Elektricität bewirkt, weil diese sich nur in der Luft oder an den hervorragenden Gegenständen der Schiffe zeigen, da das elektrische Fluidum bei der Berührung des Wassers sich sofort über dessen Oberfläche ausbreitet und erlöscht. Die leuchtenden Thierchen geben nicht an allen Theilen ihres Körpers Licht, sondern gewisse ihnen zugehörige Substanzen haben die Eigenschaft zu phosphoresciren und

theilen diese auch solchen Gegenständen mit, auf denen sie zerrieben werden, vermuthlich daher auch in einem gewissen geringen Grade dem Wasser, worin sie sich befinden, und da stets ein grofser Theil der leuchtenden Thierchen abstirbt, durch seine Reste das Wasser schleimig macht, aufserdem aber viele thierische Körper beim Uebergange zur Fäulnifs einen phosphorischen Schein geben, so ist mindestens sehr wahrscheinlich, dafs der hierdurch erzeugte Schleim, in welchem sich die leuchtenden Thierchen meistens aufhalten und welcher vielleicht manchen derselben zur Entstehung, andern zur Nahrung dient, gleichfalls ein matteres, aber immer wahrnehmbares phosphorisches Licht verbreitet. Luccock findet es gar nicht zweifelhaft, dafs faulende Substanzen einen Lichtschein erzeugen, da man diesen auch am Meeresufer da wahrzunehmen pflegt, wohin der Unrath grofser Städte zusammenfliefst.

65) Hierdurch ist inzwischen eine andere Hauptfrage noch nicht beantwortet, nämlich welches die eigentliche Ursache des erzeugten Lichtes sey. Es giebt hierüber nicht viele Hypothesen, denn die meisten Beobachter haben sich blofs mit der Untersuchung und Beschreibung der Thatsache begnügt. Nach Spallanzani geht das Licht der Medusen nicht vom ganzen Thiere, sondern von einer eigenthümlichen klebrigen Feuchtigkeit derselben aus, wird zuweilen unterbrochen, und diese Periodicität scheint ihm von Oscillationen in denselben abzuhängen, wie auch das Licht der Johanniswürmchen sich bei jeder Schwingung ihres Körpers entzünde und bei den Medusen in der Systole weit stärker sey, als in der Diastole. Tilesius fand, dafs das Licht der leuchtenden Thierchen durch Bewegung oder vielmehr durch eine Reaction und Anstrengung derselben entwickelt werde, indem sie der Bewegung des Wassers entgegenstreben, um sich in ihrer Lage zu erhalten, und da das Licht um so viel stärker ist, je mehr sie sich anstrengen, die Respiration aber mit der Anstrengung wächst, so glaubt er, dafs sie Phosphorwasserstoffgas ausströmen, welches dann leuchte. Namentlich werde auch bei den Crustaceen durch die ihnen eigenthümliche convulsivische Bewegung des Schwanzes die Respiration vermehrt und so das Leuchten durch das ausgeathmete Phosphorwasserstoffgas hervorgebracht.

Gegen diese Hypothese, namentlich in ihrer Anwendung auf die Crustaceen, erklärt sich Gilbert[1]. Das Ausscheiden von irgend einem brennbaren Gas, meint er, sey noch niemals in der Thierwelt beobachtet worden und das Phosphorwasserstoffgas entzünde sich nur erwärmt beim Zutritte der atmosphärischen Luft, aber nicht in der gewöhnlichen Temperatur kalter Länder, auch könne ein Schalthier nicht so, wie der durchsichtige Körper der Schleimthiere, bei Lichtabscheidung im Innern durch Athmen leuchten, es sey denn dafs man die Hülle bei diesen mikroskopischen Thierchen für durchscheinend halten wollte. Da man eine Transparenz solcher dünnen Schalen so leicht annehmen kann, so ist damit dieses letzte Argument von selbst beseitigt und auch die beiden ersten sind keineswegs schlagend. Secretionen von blofs brennbarem Gase kommen in der Thierwelt genug vor und der Phosphor leuchtet in noch niedrigerer Temperatur, als worin man das Leuchten des Meeres beobachtet hat. Ganz etwas anderes ist jedoch die Ausscheidung desjenigen speciellen Phosphorwasserstoffgas, welches beim Zutritt von sauerstoffgashaltiger Luft durch Entzündung leuchtet, und noch obendrein ein Freiwerden durch Respiration, was wohl mit den Gesetzen der thierischen Oekonomie unvereinbar ist, nicht zu gedenken, dafs das Leuchten meistens oder häufig unter Wasser geschieht, wo kein freies Sauerstoffgas zur Entzündung vorhanden ist.

66) Dafs das Leuchten des Meeres, mag es nun ausschliefslich von lebenden Thieren und deren belebten Eierstöcken herrühren, wie Tilesius behauptet, wonach der Zustand des Lebens zugleich Bedingung des Leuchtens ist, oder zugleich auch durch Mittheilung der den Thieren angehörenden leuchtenden Substanz, wie auch zur Fäulnifs übergehender thierischer Stoffe an das Meerwasser, erzeugt werden, unter die allgemeine Classe der Phosphosescenz gehöre, die auch bei Landthieren, dem leuchtenden Holze und sonstigen phosphorescirenden Substanzen wahrgenommen wird, die nicht von Kunkel'schem Phosphor und dessen langsamer Verbrennung herrührt, sondern als eine eigenthümliche und noch keineswegs hinlänglich erklärte Lichtentbindung zu betrachten ist[2],

---

1 G. LXI. 164.

2 S. *Licht*. S. 255.

unterliegt wohl keinem Zweifel, und dieses ist auch im Allgemeinen die Meinung aller derjenigen Naturforscher, die sich mit diesem speciellen Gegenstande beschäftigt haben; jedoch sind ihre Ansichten über die eigenthümliche Art, wie diese Lichtentbindung statt findet, verschieden. Tilesius leitet sie von der Respiration und einer hiermit verbundenen Freiwerdung des Phosphorwasserstoffgases ab, Tuckey[1] findet die leuchtende Substanz im Gehirn, und Mitchill setzt die Lichtentbindung mit der Circulation des Blutes in Verbindung, indem er zugleich vermuthet, daſs bei diesen Thieren, die weder Lungen noch Herz haben, beider Verrichtungen durch die Blutgefäſse selbst geschehn, wobei die Lichtentwickelung durch einen dem Athmen ähnlichen Proceſs erzeugt werden könne. Alles dieses beruht jedoch bloſs auf Vermuthungen und keine dieser oder irgend eine andere Hypothese ist als Grundlage einer genügenden Erklärung hinlänglich begründet. Darüber sind indeſs alle Beobachter einig, daſs das Leuchten befördert und, wenn es nicht vorhanden ist, hervorgerufen werde durch jeden mechanischen Reiz, durch Stoſsen, Schlagen und durch Bewegung. Ebenso wirken auch chemische Reizmittel, wie Macartney und Artaud aufgefunden haben, und in dieser Beziehung sind auch die Versuche von Ehrenberg sehr interessant, welcher zu dem Wasser aus der Ostsee etwas verdünnte Salzsäure goſs und dadurch die darin enthaltenen Thierchen, die sonst gar kein Licht mehr zeigten, zum momentanen Leuchten brachte, worauf sie jedoch unmittelbar starben.

K. Bewegungen des Meeres.

67) Das Meerwasser geräth bei völliger Ruhe sehr leicht in Fäulniſs, so daſs in heiſsen Gegenden bei anhaltender Windstille zuweilen der Geruch einen Uebergang in diesen Zustand ankündigt, welcher in einem höhern Grade wirklich statt findend der Gesundheit höchst verderblich werden müſste. Es ist jedoch kein Beispiel vorhanden, daſs jemals eine eigentliche Fäulniſs des offenen Meeres eingetreten sey. Künstliches Seewasser fault nicht, weil reines Wasser nie in diesen Zustand übergeht und die zugesetzten Salze ihn nicht her-

1 G. LXI. 318.

beiführen können. Inzwischen enthält das natürliche Seewasser einen nicht unbedeutenden Zusatz von vegetabilischen und animal. Stoffen, die ihm den eigenthümlichen Geruch geben und im Zustande der Ruhe eine Zersetzung erleiden, welche die Fäulnifs herbeiführt. Auch das Wasser der Seen und Flüsse enthält solche Bestandtheile, hauptsächlich vegetabilische, weswegen es in völliger Ruhe, je nach der vorhandenen Menge derselben, in einen mehr oder minder fauligen Zustand übergeht. Beide Arten von Wasser werden durch die stete Bewegung hiergegen geschützt, theils weil diese an und für sich die Zersetzung hindert oder erschwert, theils weil vermuthlich die stets neu herbeigeführte Luft, die mit den bewegten Theilen in Berührung kommt, die entwickelten Gasarten fortführt.

Die sämmtlichen Bewegungen des Meeres lassen sich füglich unter drei Classen bringen. Die vorzüglichste ist der stete Wechsel der Ebbe und Fluth, die jedoch bereits[1] ausführlich untersucht worden ist und daher hier übergangen werden kann. Die Erhebung des Meeres durch die Fluth und sein Sinken in Folge der Ebbe erfolgen nicht plötzlich, sondern allmälig; bei der erstern strömt das Wasser den Küsten zu, bei der letztern von denselben weg, welchen Wechsel man bei der Schifffahrt benutzt, um sich dem Lande zu nähern oder von demselben zu entfernen. Weil hierbei nicht das gesammte Wasser gleichzeitig in Bewegung gesetzt wird, so folgen einige wellenartige Strömungen auf einander und treiben namentlich bei der Fluth der Küste zu, selbst wenn der Wind ihnen entgegenweht, schlagen gegen die steilen Ufer, treiben auf die flachen höher hinauf und laufen wieder ab, wobei sie eine Menge Seegras und andere Substanzen auswerfen. Diese Bewegung erzeugt ein eigenthümliches, den Küstenbewohnern wohl bekanntes Brausen, welches von dem der Wellen sich unterscheiden läfst. Einige Aehnlichkeit hiermit hat diejenige eigenthümliche Bewegung des Meeres, welche an der Ostküste von Südamerica wahrgenommen und das *Rollen der See* (*Rolling of the Sea*) genannt wird. Zuerst scheint der Capitain Hall an der Küste des nördlichen Chili dieses Phänomen beachtet zu haben, neuerdings beobachtete

1 S. *Ebbe*. Bd. III. S. 3 bis 63.

aber Dr. Mayen dasselbe an den Küsten von Peru, namentlich im Hafen von Capiapo und südlich herabwärts bis über Arica hinaus. Die Ebbe und Fluth ist an dieser ganzen Küste entlang sehr unbedeutend und in einem geringen Abstande von derselben kaum überall wahrnehmbar; dagegen aber ereignet es sich zuweilen, dafs bei völliger Windstille heftige Wellen entstehn, deren Höhe (ohne Zweifel wohl übertrieben) zu 40 engl. Fufs angegeben wird. Man will die Wirkung vom Einflusse des Mondes ableiten und die Erscheinung am häufigsten bei Vollmond wahrgenommen haben, allein als Mayen sie beobachtete, war es gerade im letzten Viertel, weswegen er die Ursache in den Strömungen des Wasses um die Südspitze America's sucht[1]. Aus ungleichem Luftdrucke kann in jenen Gegenden das Phänomen wohl nicht abgeleitet werden, wie dieses bei der Ostsee geschieht (§. 7.), und die Ursache liegt daher wahrscheinlich in einzelnen Windstöfsen, welche in beträchtlicher Entfernung Wellen auf der Südsee erzeugen, die sich bis an die Küsten America's fortpflanzen und hier durch den entgegenstehenden Widerstand zu einer ungewöhnlichen Höhe anwachsen.

68) Die Theorie der Wellen erfordert eine specielle Untersuchung und es genügt daher hier nur die äufsern Eigenthümlichkeiten der Meereswellen anzuführen. Diese sind wechselnde Hebungen und Senkungen des Wassers, die durch ungleichen Druck auf irgend eine Stelle der (als ruhig gedachten) Wasserfläche entstehn und dann nach den Gesetzen schwingender Pendel diese Bewegungen in gleichen Zeitintervallen wiederholen, bis die Reibung der einzelnen Theilchen an einander, so weit diese bei flüssigen Körpern statt finden kann, der Druck der Luft und sonstige Hindernisse der Bewegung den Zustand der Ruhe allmälig wieder herbeiführen. Das scheinbare Fortschreiten der Wellen ist daher keineswegs ein Fortfliefsen, überhaupt keine fortgehende Bewegung (*motus progressivus*), so wenig als die Schallwellen ein Fortströmen der Luft voraussetzen, vielmehr finden blofs abwechselnde Hebungen und Senkungen statt, wie man deutlich sieht, wenn leichtere Körper, namentlich auch häufig Schildkröten, auf der Oberfläche des Wassers schwimmen, die allerdings in

1 Edinb. New Philos. Journ. N. XXXVII. p. 135.

verticaler Richtung abwechselnd gehoben werden und wieder herabsinken, ohne in Beziehung auf die horizontale Ebene ihren Ort zu verändern, ausgenommen sofern dieses durch das Hinstreichen des Windes über die Oberfläche des Wassers bewirkt wird. Hieraus erklärt sich leicht die aufserordentlich lange Zeit, welche auf der See ausgeworfene Flaschen, wie die Seefahrer solche zuweilen mit eingeschlossenen Berichten auszuwerfen pflegen, meistens bedürfen, ehe sie irgend eine Küste erreichen. Wenn man aber von der *Geschwindigkeit der Wellen* redet, so versteht man darunter die Zeit, welche die Erhöhung einer Welle bedarf, um scheinbar durch die nächstfolgende Vertiefung zu einer abermaligen Erhöhung und so abwechselnd durch Wellenberge und Wellenthäler bis zu einer gewissen Entfernung zu gelangen.

69) Denkt man sich zuerst die nach hydrostatischen Gesetzen ebene Oberfläche der Teiche, Seen und des Meeres, so kann man sich leicht vorstellen, wie auf diesen, insbesondere den letztern, Wellen entstehn müssen, sobald der Wind in einem spitzen Winkel gegen sie stöfst, eine partielle Strecke derselben niederdrückt und gleichzeitig durch die Adhäsion an die Wassertheilchen mit sich fortzureifsen strebt. Die niedergedrückte Stelle hebt sich wieder, kommt hierdurch nach dem Gesetze der Trägheit über die anfängliche Ebene empor, erzeugt dadurch ein Sinken der sie begrenzenden Wassersäulen und so folgen, nach Art der Pendelschwingungen, die wechselnden Oscillationen in regelmäfsigen Zeitintervallen. Nach Scoresby[1] ist daher die Wind- oder Wetterseite in der Nähe des Ufers selbst beim Sturme eben, die Wellen nehmen aber von da an nach dem Verhältnisse der Stärke des Windes zu, je weiter man sich vom Ufer entfernt, bis sie das Maximum ihrer Gröfse erreicht haben, und behalten dieses selbst bis auf mehrere Seemeilen über den Bereich des Windes hinaus bei. Die Behauptung ferner, dafs die feuchte Luft weniger Adhäsion zum Wasser hat, als die trockene, und daher bei ersterer die Wellen kleiner sind, als bei der letztern, gleiche Stärke des Windes vorausgesetzt, erhält ihre Bedeutsamkeit vorzüglich nur durch die Autorität eines so erfahrenen Seemannes. Ebenso soll auch nach der Meinung der meisten Seefahrer der Regen

1 Account of the arctic regions. T. I. p. 221.

die Wellen niederhalten[1], so daſs sie bei heftigem Winde dann minder hoch werden, als bei schwächerem, aber trocknem Winde. Anfangs muſs auf jeden Fall der Wind, welcher obendrein nicht sofort mit gröſster Stärke beginnt, kleine Wellen erzeugen, die bei fortdauernder Ursache stets gröſser werden, so wie auch ein Pendel stets gröſsere Bogen beschreiben muſs, wenn es wiederholt durch eine auch nur geringe Kraft gestoſsen wird. Ebenso natürlich folgt zugleich, daſs die einmal erregten Wellen noch eine bedeutend lange Zeit fortdauern, wenn der Wind seine Stärke verloren oder ganz aufgehört hat, welches an manchen Orten der heiſsen Zone für mehrere Stunden oft plötzlich geschieht.

70) Der Wind besteht keineswegs in einer ganz gleichmäſsigen, ohne Unterbrechung mit gleichbleibender Geschwindigkeit fortgehenden und über eine unmeſsbare Strecke ausgedehnten Bewegung der Luft, wie man aus dem anscheinend ruhigen Zuge der Wolken in den höhern Regionen anzunehmen veranlaſst wird, sondern das Wehen desselben geschieht absatzweise und in Unterbrechungen; die Bewegung des Windes ist eine wellenartige, wie die des Wassers, indem allgemein jede bewegte Flüssigkeit, sie sey tropfbar, gasförmig oder ätherisch, sobald sie bei ihrer Bewegung Hindernisse findet, wellenförmig fortschreitet. Man bemerkt dieses um so auffallender, je stärker der Wind ist, indem sich dann die einzelnen Stöſse von den wechselnden Perioden der minderen Stärke oder periodischen Ruhe leicht unterscheiden lassen. Ist ferner die Strecke, über welcher ein gewisser Wind herrscht, noch so ausgebreitet, so finden doch darin einzelne Streifen statt, in denen die Luft mit eigenthümlicher Geschwindigkeit strömt. Stöſst ein solcher einzelner Strom auf die Wasserfläche oder wird irgend eine einzelne Stelle der letztern von einem Drucke getroffen, so müssen um diesen Punct gekrümmte Wellen entstehn, und man sieht daher bei schwachem Winde und über groſsen Wasserflächen kreisbogenförmige Wellen sich bewegen, deren Enden schwächer werden und zuletzt sich gänzlich verlaufen. Diese Form würden die Wellen auch beibehalten, wenn ein stärkerer Wind höhere

1 Ebendieses behauptet auch Richter in Reisen u. s. w. Th. I. S. 43.

erzeugt, allein je mehr die Kraft des Windes wächst, desto mehr ist der Stoſs einseitig und um so höher wird an einzelnen Stellen das Wasser gehoben. Vor allen Dingen aber ist zu berücksichtigen, daſs der Wind seine Richtung meistens keine Minute lang beibehält, wie man bei jedem etwas heftigen Winde an leicht beweglichen Wetterfahnen ohne Ausnahme wahrnimmt. Die wechselnde Richtung des Windes muſs aber eine wechselnde Richtung der erregten Wellen bedingen und daher gewahrt man, daſs zwar die Wellen im Ganzen sich nach der nämlichen Gegend hin bewegen, zugleich aber aus einzelnen, nicht sehr langen, mehr oder minder zusammenhängenden Erhebungen bestehn. Hiernach finden in der Regel gleichzeitig mehrere Wellenlinien statt, die sich unter einem gewissen Winkel schneiden; die Gebrüder Weber[1] versichern, auf Seen und selbst Teichen mehrere linienförmige Wellenordnungen gesehn zu haben, die sich unter einem Winkel von 40 Graden schnitten, und Horsbourgh[2] sagt, es sey nichts Ungewöhnliches, auf dem Oceane zwei Wellenbewegungen zugleich zu sehn, die entgegengesetzte Richtungen haben oder sich durchkreuzen, und zuweilen giebt es deren sogar drei, die mit diesen ihren eigenthümlichen Richtungen und Geschwindigkeiten einen ganzen Tag und noch länger anhalten. Die Gebrüder Weber knüpfen hieran zwei interessante, mit der Erfahrung genau übereinstimmende Folgerungen. Durch diese Kreuzung müssen abwechselnd höhere Wellen entstehn und wieder zerrinnen, wenn die vereinten sich wieder trennen, was bei dem Beobachter die Täuschung erweckt, als ob die Wellen nicht stetig fortschritten, da Letzteres doch der Natur der Sache nach nothwendig ist. Die gröſsern Wellen schreiten, auch der Theorie gemäſs, schneller fort, als die kleinern, und diese letztern, die der Wind zuerst erregt, bleiben daher hinter jenen zurück und scheinen im Verhältniſs zu ihnen zu ruhn, woraus die Täuschung hervorgeht, als ob die groſsen Wellen sich unter einer ruhenden Oberfläche hinwälzten. Vorzügliche Berücksichtigung verdient aber die Gestalt der Wellen. Entständen sie bloſs durch die wechseln-

---

1 Wellenlehre auf Experimente gegründet u. s. w. Leipz. 1825. 8. S. 40.

2 Nicholson's Journ. T. XV. p. 6. G. XXXII. 405.

den Oscillationen des Wassers, so müſsten sie regelmäſsig gekrümmte Erhebungen und Vertiefungen bilden, die Veränderung dieser Form abgerechnet, die in Folge der Durchkreuzung entsteht. Noch verdient aber ein wichtiger Umstand berücksichtigt zu werden, nämlich der fortdauernde Einfluſs des Windes. Dieser, in der Regel geschwinder als die Welle, drückt dieselbe von hinten, wenn er die nämliche Richtung hat, und sofern dann ihr Kopf hierdurch stärker vorwärts getrieben wird, erhält sie an der vordern Seite eine einwärts gekrümmte Gestalt und ihre obern Theile schlagen in einzelnen schäumenden Massen über. Ebendieses wird durch die unter einem gewissen Winkel sie treffenden Windstöſse bewirkt und zwar um so mehr, je weniger sie selbst sich in dieser Richtung bewegen, so daſs beide vereinte Ursachen die gekräuselten sogenannten Kämme der Wellen erzeugen.

71) Die Gröſse der Wellen, d. h. ihre Höhe nebst zugehöriger Breite und ihre Länge, wird bedingt durch die Ausdehnung und die Tiefe des Wassers, worin sie entstehn. Nach Bremontier[1] erreichen die Wellen bei starkem und gleichmäſsigem Winde auf einem See oder einem Bassin von 200 bis 300 F. Breite und 3 bis 4 F. Tiefe nie eine gröſsere Höhe als etwa 2 bis 3 Zoll, in den Buchten von Biscarosse, Canau und Hourtins aber, welche von 1 bis 30 F. Tiefe und eine Länge von mehrern Stunden haben, auſserdem aber durch Dünen an ihrer freien Verbindung mit dem Meere gehindert werden, erreichen die Wellen nur 1,5 bis 2 Fuſs Höhe. Bei dieser Bestimmung bleibt jedoch fraglich, ob die Höhe vom untersten Puncte des Wellenthales bis zur obersten Spitze des Wellenberges oder vom mittleren gewöhnlichen Wasserspiegel bis zum letztern Puncte gemessen worden ist. Im erstern Falle scheint mir die Höhe zu gering angegeben; denn obgleich der Wind nach dem Zeugnisse der Schiffer, namentlich der Lotsen, durch die unüberwindlichen Hindernisse des Landes einen groſsen Theil seiner Kraft verliert, so habe ich doch auf der Elbe bei Cuxhaven, wo ihre Breite zwar unabsehbar ist, aber am Lande bei einem mit dem Ufer parallelen oder unter einem sehr spitzen Winkel von ihm abgewandten Winde Wellen gesehn, deren Höhe mindestens vier Fuſs vom tiefsten bis zum

1 Journ. de Phys. T. LXXIX. p. 77.

höchsten Puncte betrug. Bei weitem höher sind dagegen die Wellen auf der offenen See, hauptsächlich auf dem grofsen Oceane, denn in eingeschlossenen Meeren, als selbst dem mittelländischen und der Ostsee, können sie nach Coudraye[1] diese gröfste Höhe gar nicht erreichen. Bergmann[2] giebt an, dafs nach Marsigli's Messungen die Wellenhöhe, vom mittlern Spiegel an gemessen, im mittelländischen Meere nie über 8 Fufs betrage, in der Ostsee seyen sie aber höher, was ich jedoch nicht für wahrscheinlich halte, indem Pisansky[3] die Wellen der Ostsee kleiner, als die der Nordsee nennt, wie auch aus dem nähern Zusammenhange der letztern mit dem grofsen Oceane wohl von selbst folgt. Auf der Nordsee ungefähr in der Mitte zwischen Helgoland und Hull habe ich bei starkem Winde, welcher des Nachts in einen Sturm überging, wodurch einige Schiffe an der englischen Küste scheiterten, die Höhe der Wellen nach dem Augenmafse und aus dem Fallen des Schiffes von der gröfsten Höhe bis in die Tiefe zwischen zwei Wellen zu messen gesucht; sie betrug aber sicher nicht mehr als 12 par. Fufs und wuchs in der Nacht schwerlich bis zu 16 Fufs; am andern Nachmittage, als der Sturm bis zu mäfsiger Heftigkeit sich gelegt hatte, konnte ich richtiger diese Höhe zu etwa 8 Fufs schätzen. Bei Stürmen, die in Orcane übergehn, ist es auf einem Schiffe kaum möglich, die Höhe der Wellen zu messen, da man sich auf dem Verdecke nicht wohl halten kann, von der Küste aus ist dann aber jede Messung unmöglich, weil flache Ufer die Höhe der Wellen bis weit über die Gesichtsweite hinaus vermindern, steile sie vermehren, aufserdem aber die fortgerissenen Wassertheilchen und der hierdurch gebildete Nebel keine genaue Begrenzung wahrnehmen lassen. Um so schätzbarer ist eine Angabe, welche der verewigte v. Horner mir brieflich hierüber mitgetheilt hat. Dieser wifsbegierige Reisende begab sich einst auf dem freien grofsen Oceane bei einem tüchtigen Sturme in den Wandtauen des Schiffes so hoch hinauf, bis der Kamm der Wellen mit dem Horizonte in einer

---

1 Théorie des Vents. Fontenay 1786. 8.

2 Physikalische Erdbeschreibung. A. d. S. von Röhl. Greifsw. 1780. 8. S. 371.

3 Bemerkungen über die Ostsee u. s. w. Königsb. 1782. 8.

Ebene lag, und dann betrug seine Erhebung über den tiefsten Stand des Schiffes 25 par. Fuſs. Bei einer andern Gelegenheit schätzte er die Höhe eines Wasserberges, welcher das Schiff umzuwerfen drohte, auf 32 Fuſs. Dieses ist sonach wohl die gröſste Höhe, welche die Wellen auf dem freien groſsen Oceane erreichen, und also die Angabe von Bremontier[1] übertrieben, wenn er sagt, daſs nach der Angabe verschiedener Seefahrer die Höhe der gröſsten Wellen 20 Meter erreiche, und wenn von 100 und mehr Fuſs hohen Wellen die Rede ist, so verdienen solche Angaben überall keinen Glauben. Scoresby[2] erwähnt, daſs gewöhnliche Wellen nach Boyle 6 Fuſs Höhe über dem mittleren Spiegel, also 12 F. absolute Höhe haben, und setzt hinzu, daſs auſserordentliche, sich durchkreuzende oder über einander schlagende Wellen viel höher sind.

72) Ueber die Tiefe, bis zu welcher sich die den Wellen zugehörige Bewegung der Wassertheilchen herabwärts erstreckt, herrschte früher sehr allgemein die durch Bergmann verbreitete Meinung, daſs sie nur gering sey, sich auf jeden Fall nicht weiter als bis 15 Faden tief unter den Wasserspiegel erstrecke und nach dem Berichte erfahrner Seemänner bei 4 Faden schon ganz unbedeutend sey, da die ostindischen Perlenfischer kein Bedenken trügen unterzutauchen, wenn bei stürmischer See die Schiffe nicht auszulaufen wagten. Die Angabe scheint indeſs unbegründet, denn die Perlenfischer an den Küsten des persischen Meerbusens tauchen nur bei ganz heiterem Wetter und die Gebrüder Weber[3] nahmen bei kleinen Wellen noch Bewegung der Wassertheilchen in einer Tiefe wahr, welche der 350fachen Wellenhöhe entsprach. Neuerdings hat jedoch Bremontier[4] durch unzweifelhafte Thatsachen dargethan, daſs das Wasser durch die Wellen bis zu 80 und mehr Fuſs Tiefe in Bewegung gesetzt wird, auch erwähnt er die Beobachtungen von Coudraye, wonach die Wellen auf der groſsen Bank von Neufundland bei einer Wassertiefe von 250 bis 300 Fuſs keinen freien Spiel-

1 Journ. de Phys. T. LXXIX. p. 92.
2 Account of the Arctic Regions. T. I. p. 219.
3 Wellenlehre S. 43.
4 A. a. O.

raum mehr haben. Es ist daher sehr wahrscheinlich, dafs die dem Wasser durch die Wellen mitgetheilte Bewegung sich bis zu bedeutender Tiefe erstreckt und dafs diese an vielen Stellen die aufserordentlichen Massen von Sand am Boden des Meeres aufwühlt und fortstöfst, aus welchem die Dünen an den Küsten entstehn.

73) Die Geschwindigkeit des scheinbaren Fortschreitens der Wellen ist gröfser bei den grofsen, als bei den kleinen, wie bereits erwähnt wurde. Scoresby[1] giebt nur im Allgemeinen an, dafs diese Geschwindigkeit etwa 16 bis 18 engl. Meilen in 1 Stunde betragen möge; allein dieses ist das aus Newton's Theorie abgeleitete Resultat. Horsbourgh[2] schätzt die Geschwindigkeit der Wellen bei einem Passatwinde auf 20 engl. Meilen in 1 Stunde, und in diesem Falle laufen die Wellen dem Schiffe, wenn es in derselben Richtung mit etwa 10 bis 11 Meilen Geschwindigkeit in der Stunde segelt, weit vor. Ihre Geschwindigkeit läfst sich dann leicht messen, wenn man ein Log auswirft, dieses in eine solche Entfernung vom Schiffe bringt, dafs von der nämlichen Welle zuerst das Log, dann das Schiff gehoben wird, das Zeitintervall zwischen diesen beiden Hebungen mifst und die bekannte Geschwindigkeit des Schiffes hinzuaddirt. Auf diese Weise hat Thomson[3] Messungen angestellt und die Geschwindigkeit = 29,5 engl. Seemeilen in 1 Stunde gefunden. Nehmen wir aus beiden Angaben das Mittel und setzen wir sonach die Geschwindigkeit der Wellen zu 25 Seemeilen in 1 Stunde, die Seemeile zu 5710 par. F. angenommen, so müfste der Wind fast 40 Fufs in 1 Secunde zurücklegen, um den Wellen gleich zu kommen, und wenn wir die Geschwindigkeit eines mäfsigen Windes zu 15 Fufs annehmen, so würden hiernach die Wellen $2\frac{2}{3}$mal so geschwind fortschreiten. Schon Aristoteles[4] kannte die Erfahrung, dafs die Wellen dem Winde vorauseilen und sich daher zuweilen an solchen Orten und zu Zeiten zeigen, wenn kein Wind wehet, was er für eine Folge davon ansieht, dafs der einmal ertheilte Stofs

1 Account of the arctic Regions. T. I. p. 219.
2 Nicholson Journ. T. XV. p. 6. G. XXXII. 405.
3 Tilloch's Phil. Mag. N. CCCII. p. 405.
4 Problem. XLI.

sich in der zusammenhängenden Masse des Wassers fortpflanze, statt daſs die Luft eine discrete Masse sey und daher eine in ihr begonnene Bewegung wieder aufhören könne. Neuerdings hat NICHOLSON[1] diese Frage wieder zur Untersuchung gebracht, da ihm gemeldet wurde, daſs sich an der Küste von Cornwallis oft heftige Wellen zeigten, denen erst nach einigen Stunden der Sturm nachfolge. Nach der gegebenen Erklärung sollen sie durch einen einzelnen plötzlichen Windstoſs (*squall*) entstehn, welcher auf die Wasserfläche wie ein hineingeworfener Stein wirkt, von welchem aus gleichfalls einander folgende Wellen sich weithin verbreiten. Andere Seefahrer[2] erzählen dieses Phänomen gleichfalls, daſs oft heftige Wellen die Schiffe in schwankende Bewegung setzen, denen erst später der Sturm folgt, und den Küstenbewohnern ist dasselbe hinlänglich bekannt, wie z. B. namentlich in Triest, wo zuweilen das Wasser bis über das Niveau der Stadt steigt, ehe der die Wellen aufthürmende Wind (die *Bore* genannt) sich in der erforderlichen Stärke erhebt. Noch merkwürdiger ist, was SCORESBY[3] angiebt, daſs in gemäſsigten und kalten Gegenden, wo die Winde so veränderlich sind, zwei oder drei Wellenzüge (*swells*) von verschiedenen Richtungen gleichzeitig wahrgenommen werden, ja daſs sogar da, wo man zwei derselben von groſser Stärke gleichzeitig wahrnimmt, gar kein Wind oder ein solcher herrscht, welcher keinem von ihnen zugehört. So erlebte er selbst dieses unter 68° N. B., daſs ein Wellenzug von O. N. O. und ein anderer von W. S. W. deutlich wahrgenommen wurden, als der Wind südlich wehete, und unter 63° N. B. zeigten zwei heftige Wellenzüge von N. und von S. die in diesen Richtungen herrschenden Stürme, während am Orte selbst leichte veränderliche Winde weheten, die sich noch nicht gelegt hatten, als ein dritter Wellenzug von Osten hinzukam.

74) Die Breite der Wellen, die man am besten nach s'GRAVESANDE vom Niveau des Meeres bis wieder zum Niveau miſst, so daſs also eine ganze Welle aus einem Wellenberge und einem Wellenthale besteht, statt daſs andere vom

---

1 Journ. T. XIV. p. 185. G. XXXII. 397.
2 RICHTER Reisen. Dresden 1821. Th. II. S. 17.
3 Account cet. T. I. p. 223.

tiefsten Puncte bis wieder dahin messen, was übrigens im Wesentlichen keinen Unterschied macht, soll nach Bremontier das Vierfache ihrer Höhe betragen. Ist dieses Verhältnifs zu klein, so ist dagegen das durch die Gebrüder Weber[1] bei ihren Versuchen im Kleinen gefundene = 500:1 wohl zu grofs und pafst auf jeden Fall nur auf eine im hinlänglich tiefen Wasser sich frei bewegende. Die oben erwähnte Messung der Geschwindigkeit der Wellen durch Thomson giebt inzwischen ein Mittel, um die Breite gewöhnlicher Wellen mindestens annähernd zu bestimmen. Die Methode der Messung setzt voraus, dafs unter den verschiedenen Lagen des Schiffes und des Logs diejenige zur Bestimmung der Geschwindigkeit benutzt werde, wobei sowohl das Logbret als auch das Schiff sich gleichzeitig auf der Spitze zweier nächsten Wellenberge befinden, und die Länge der Log-Linie giebt dann die Breite der ganzen Welle. Diese betrug bei den angegebenen Versuchen 510 Fufs, und da die Wellen, deren Geschwindigkeit gemessen wurde, mit grofser Wahrscheinlichkeit als von mittlerer Gröfse anzunehmen sind und der erfahrene Scoresby diese zu 12 Fufs ganzer Höhe annimmt, so gäbe 510:12 das Verhältnifs 42,5:1. Aus der Vergleichung dieser Bestimmung mit der durch Weber gefundenen folgt ferner übereinstimmend mit der Theorie, dafs das Verhältnifs der Breite zur Höhe mit der Gröfse der Wellen abnimmt, und man würde also der Wahrheit vermuthlich nahe kommen, wenn man dasselbe für die mittleren bis zu den höchsten Meereswellen zu etwa 50 bis 20 annähme.

75) Da die Bewegung der Wellen in der erzeugenden Flüssigkeit bis zu bedeutenden Tiefen herabgeht, so mufs sie nothwendig durch den Einflufs des Bodens bedingt seyn, wenn sie diesen erreicht, und die nächste Folge hiervon ist, dafs sie verzögert wird, weswegen die Wellen in zunehmend tieferem Wasser eine bedeutend vermehrte Geschwindigkeit erhalten. Die Länge der Wellen wächst, wenn sie sich frei ausbreiten können, in welchem Falle dann ihre Höhe abnimmt, z. B. wenn in der Mitte einer grofsen Wasserfläche Wellen entstehn, die sich kreisförmig um diesen Punct weiter ausbreiten. Das umgekehrte Verhalten findet statt, wenn der

1 Wellenlehre. S. 116.

Wind vom Lande her weht, die Oberfläche des Wassers nahe am Ufer glatt oder blofs mit kleinen Wellen bedeckt ist und diese zunehmen, je mehr die fortwirkende Kraft des Windes mit wachsender Entfernung stets gröfsere Wellen zu erregen vermag. Man sieht hieraus also, dafs Höhe, Breite, Länge und Geschwindigkeit der Wellen sich einander wechselseitig bedingen. Kommt eine Welle in ihrem Fortschreiten über Untiefen, so wird sie gehoben, und Bremontier nebst Coudraye wurden hierdurch zu der Ueberzeugung geführt, dafs die Wellenbewegung sich tief ins Wasser erstreckt, weil sie grofse Wellen über Sandbänken und Felsen, die in bedeutenden Tiefen lagen, sich heben sahen. Berühren die Wellen den Boden über Untiefen anhaltend, so werden sie in ihrer Bewegung gehindert und die einander folgenden verschmälern sich bedeutend, weswegen von denen, die auf ein flaches Ufer strömen, die vorderste sich am stärksten in die Breite ausdehnt und zugleich so sehr verflacht, dafs sie bald ganz sinkt, indem ihre vordere Seite vorauseilt und zuletzt überschlägt. Dagegen behalten die einmal gebildeten Wellen ihre Gröfse, wenn der auf sie drückende Wind den hintern Theil um nicht mehr sinken läfst, als der vordere aufsteigt, also wenn dieser durch seinen Stofs den Abgang wieder ersetzt, welchen die Wellen-Oscillation durch die vorhandenen Hindernisse der Bewegung nothwendig erleiden mufs; sie werden also abnehmen oder zunehmen, je nachdem diese Kraft geringer oder stärker ist. Ferner folgt aus der Natur solcher Oscillationen, dafs die Wellen nicht sofort aufhören, wenn der Wind sich legt, insbesondere wenn dieses plötzlich erfolgt, sondern noch eine Zeit lang mit gleicher, zuweilen sogar mit vermehrter Kraft toben, wenn der Wind in der Entfernung noch fortdauert. Es tritt dann das ein, was die Schiffer *hohle See* nennen, was der Beschreibung nach darin zu bestehn scheint, dafs aufser den eigentlichen Wellen ausgedehnte Vertiefungen und ihnen correspondirende Erhöhungen statt finden, vermuthlich weil aufser den gewöhnlichen Schwingungen noch andere ungleich breitere statt finden, wie man dieses auch bei den schallenden Schwingungen wahrnimmt, indem kürzere und längere, einen höhern und tiefern Ton gebende, nicht selten gleichzeitig neben einander zu bestehn pflegen.

76) Hierdurch wird die Kraft der Wellen bedeutend vergröfsert, noch mehr aber durch zwei andere Bedingungen, welche ihre Gewalt bis ins Unglaubliche steigern, nämlich die Verengerung des Raumes, den die Wellenlänge einzunehmen vermag, und die Hindernisse des Bodens, gegen welche die Wellen kämpfen. So wie nämlich die Welle sich mehr verflacht, wenn sie sich weiter in die Länge ausbreiten kann, mufs sie im Gegentheil höher werden, wenn sie in einen engern Raum zusammengedrängt wird. Verflacht sich dann gleichzeitig der Boden, über welchem die Welle fortschreitet, allmälig, so hindert dieses ihren Fortgang, sie kann an ihrer vordern Seite weniger aufsteigen, als sie an ihrer hintern herabsinkt, wenn sie gleich anfangs höher gehoben wird, und sie mufs daher allmälig abnehmen und sich endlich ganz verlieren. Enthält dagegen der Boden steile Erhöhungen, insbesondere Felsen und hauptsächlich solche, die mit Vertiefungen wechseln, so kann die vordere Welle nicht schnell genug fortschreiten, die nachfolgende ereilt sie, die Wellen stürzen über einander, thürmen sich auf, es entstehn die *Wasserwände* (*barres*), und man erhält die sogenannte *Brandung*, wenn die See brandet, wobei man die dieses bewirkenden Felsen *Brecher* (*breakers*) nennt. Jedes felsige Ufer, wenn auch das anstofsende Meer unmittelbar daneben eine Tiefe von hundert und mehr Fufs hat, wie nur selten der Fall ist, mufs solche Brandungen erzeugen, die desto stärker werden, je tiefer und ausgedehnter das Meer ist, weil in gleichem Mafse hiermit die Gröfse der Wellen und dadurch ihre Geschwindigkeit, die Tiefe derselben im Wasser und die Entfernung, bis auf welche die Oscillationen im Ganzen sich erstrecken oder eine Welle der andern folgt, zunehmen müssen. Kein Schiff kann der Gewalt des Wassers in diesen Brandungen widerstehn, und selbst die geübtesten Schwimmer vermögen nicht dagegen anzukämpfen, wenn sie nicht Geschicklichkeit genug besitzen, unterzutauchen und in dem tiefern, minder stark bewegten Wasser fortschwimmend sich den gefährlichen Stellen zu entwinden, was wohl nur einige unter den wilden Stämmen, die als Küstenbewohner mit dem Meere innig vertraut sind, wagen dürfen. Kleine Schiffe werden durch die Gewalt der sich brechenden Wellen umgestürzt und in die Tiefe herabgedrückt, gröfsere hierdurch zerbrochen

oder an den Felsen zerschellt und nur biegsame, den Wellen nachgebende Floſse und Rettungsboote von Kork (*life-boats*), die nicht untergehn können, hat man in Vorschlag gebracht, um durch sie zu kommen. Sie sind vorzüglich stark an manchen Theilen der Westküste von America, an den Küsten von Senegambien[1] und im indischen Ocean, namentlich bei Sumatra, wo Marsden[2] sie beobachtet hat. An den Küsten dieser Insel ist die Brandung (*surf*) so unglaublich stark, daſs man das Brausen mehrere Meilen weit hört, und es sind Fälle vorgekommen, daſs Schiffe ganz umgekehrt wurden, indem die Spitzen der Masten im Sande steckten, ihr unteres Ende aber durch das Schiff getrieben war, ja sogar Stücke von Segeln fand man zusammengedreht und zerrissen. Werden die Wellen zwischen enge Ufer der Strommündungen zusammengedrängt, wenn die Richtung ihrer Bewegung sie in das Strombette treibt, so entstehn die auffallenden Erscheinungen, die unter dem Namen *Mascaret*, *Rastern*, *Pororoca* u. s. w. bekannt sind[3], zwischen Felsen und Klippen aber zeigen sich dann Phänomene, die denen beim *Sprungkegel*[4] ähnlich sind, indem die in einen engen Raum zusammengedrängten Wassermassen, durch stets nachfolgende Wellen getrieben, zu 100 und nach Buffon selbst bis 200 Fuſs emporgeschleudert werden. So hat man unter andern wahrgenommen, daſs das Wasser bis 100 Fuſs hoch über den Leuchtthurm bei Eddystone emporspritzte und also eine absolute Höhe von 180 Fuſs erreichte.

77) Hieraus erklärt sich dann auch leicht die groſse Gewalt, welche die Wellen ausüben; denn obgleich sie nicht aus einer fortgehenden Bewegung des Wassers bestehn, so giebt doch der sich hebende Wasserberg die Masse und das Fortschreiten desselben die Geschwindigkeit, welche beide Gröſsen als Bedingungen des mechanischen Momentes zum Grunde liegen. Zu einer numerischen Bestimmung der Gewalt, welche die Wellen auszuüben vermögen, scheinen mir die

---

1 S. Adanson's Reisen. S. 26.

2 Natürliche und bürgerl. Beschreibung der Insel Sumatra. Aus d. E. Leipz. 1785. S. 47.

3 S. *Strom*.

4 S. Art. *Sprungkegel*.

erforderlichen Thatsachen zu fehlen, da es einen Unterschied macht, ob die gegen einen Gegenstand stofsende Welle zuerst mit ihrem untern Theile anlangt, ob eine frühere kleinere Welle und die geringe Wassertiefe sie zurückhält, ob sie gerade oder in einem Winkel trifft u. s. w.; allein wenn man hiervon abstrahirt und berücksichtigt, aus was für einer Wassermasse die Welle besteht, die sich mit einer Geschwindigkeit von ungefähr 40 Fufs in einer Secunde bewegt, so erhält man mindestens einen genäherten Ueberschlag der aufserordentlichen Kraft, welche hierdurch ausgeübt werden kann. Hieraus wird das knarrende Geräusch in den Schiffen erklärlich, welche aus dem gesundesten Holze mit unübertrefflicher Festigkeit zusammengefügt jeder Gewalt, um so mehr der des flüssigen Wassers, trotzen zu können scheinen und dennoch dem Stofse der Wellen bis zur wahrnehmbaren Aenderung ihrer Gestalt, bis mindestens zu einiger Biegung nachgeben. So geschah es auf Krusenstern's Reise, dafs eine Welle, nachdem sich die Richtung des Sturmes plötzlich geändert hatte, die Planken der Cajüte zerschlug und einen Theil des Wassers in das Innere des Schiffes trieb. Ebenso wurde auch Otto v. Kotzebue, als er sich einst bei einem heftigen Sturme auf dem Verdecke befand, von einer ungeheuren Welle, deren Annäherung er mit Schrecken wahrnahm, betäubt niedergeworfen, so dafs er einige Tage das Bette hüten mufste. Von den vier bei ihm befindlichen Matrosen wurde einer in die See geschleudert, ein anderer brach ein Bein und die beiden, welche das Steuerruder hielten, wurden stark beschädigt; das Steuerrad war zerschlagen und der Vordermast, ein Balken von zwei Fufs Durchmesser, fand sich zerschmettert[1]. Bremontier[2] legte einst 8 Steine, deren Gewicht von etwa 130 bis 12000 ℔ betrug, auf einen Damm, um die Gewalt zu erforschen, welche die Wellen bei wiederkehrender Fluth gegen sie auszuüben vermöchten; sie wurden aber insgesammt, einige bis 50 Fufs weit, fortgestofsen und zuletzt ins Meer geworfen. Durch die gehörige Würdigung der hierbei thätigen Kraft wird dann auch erklärlich, wie die Meereswellen enorme Felsmassen überbeugen, so dafs sich Sand darunter anhäuft

1 Literarisches Wochenblatt 1818. N. 21.
2 A. a. O.

und sie zu wachsen scheinen (§. 7.), und wie sie Geschiebe (*Drift Stones*) von ungeheurem Gewichte aus dem Wasser auf das Land zu werfen vermögen. Häufig geschieht dieses an den brittischen Küsten, wo die Wächter auf den Leuchtthürmen sie *Travellers* nennen. Einer von diesen Steinen, welcher einst bei Bell-Rock Lighthouse an der Ostküste von Schottland auf das Ufer geworfen wurde, hielt 30 Kubikfufs und wog mehr als zwei Tonnen[1] und bei Castle Stuart in Invernefs-Shire wurde einst ein ähnliches Geschiebe in einer Nacht 260 Yards weit fortgestofsen[2]; am auffallendsten aber ist, dafs einst der Leuchtthurm zu Eddystone, so sicher auch der kostbare Bau desselben seyn sollte, vom Sturme gänzlich zerstört wurde, indem selbst das Fundament verschwunden war, und einige Glieder der zum Anhalten der Schiffe dienenden Kette sich so fest zwischen die gehobenen Felsen geklemmt fanden, dafs sie mit Schiefspulver herausgesprengt werden mufsten.

78) Ein höchst merkwürdiges, seit den ältesten Zeiten bekanntes Problem ist das Besänftigen der Wellen durch Oel oder überhaupt durch jede über dem Wasser oberflächlich sich verbreitende Flüssigkeit[3]. Schon Aristoteles[4] giebt an, das Meerwasser werde durch aufgegossenes Oel durchsichtiger, ein Mittel, dessen sich die Fischer bedienen, um nach dadurch geebneterer Oberfläche besser sehn zu können. Plutarch[5] wiederholt die Angabe des Aristoteles und dessen Erklärung ausführlicher, nämlich dafs der Wind von der glatten Oberfläche abgleite und daher keine Wellen bilden könne, widerlegt diese aber mit der Erfahrung, dafs die Taucher Oel in den Mund nehmen, um nach dem Ausspeien desselben unter dem Wasser besser zu sehn. Auch Plinius[6] berichtet blofs die Thatsache, dafs nämlich Oel das Meer besänftige

---

1 Edinb. Phil. Journ. N. V. p. 42.

2 G. LXIX. 105.

3 E. H. Weber u. W. Weber haben in ihrem mehrerwähnten Werke: Wellenlehre auf Experimente gegründet u. s. w. Leipz. 1825. 8. S. 60 ff. alles zusammengestellt, was über dieses Problem bisher verhandelt worden ist.

4 Problem. XLI. Sect. XXII. u. XXIII.

5 Quaest. Natur. Cap. XII.

6 Hist. Nat. Lib. II. cap. 103 u. 106.

und durchsichtiger mache, ohne eine Erklärung hinzuzufügen. Einige[1] beziehn hierauf eine Angabe des Canisius[2], welcher unter den Wundern des Cudbertus erwähnt, daſs er einem Priester zu einer Seereise geweihtes Oel mitgegeben habe, wodurch dieser im Stande war, das durch Sturm bewegte Meer sogleich zu besänftigen, und eine Stelle im Erasmus[3], worin vom Ausgieſsen alles vorhandenen Oels in das Meer geredet wird; allein die erstere Nachricht bezieht sich ohne Zweifel auf die Wunderkraft des geweihten Oels im Allgemeinen und auf ähnliche Weise ist vermuthlich auch die zweite Stelle zu deuten. Viel beweisender, daſs die Kenntnisse dieses Mittels sich fortwährend erhielt, ist die gleichfalls angegebene Aeuſserung Linné's[4], welcher von Gronov hörte, die holländischen Grönlandsfahrer nähmen stets einige Fässer voll Oel zur Besänftigung der Wellen mit, auch heiſst es, daſs bei einem Brande in London Oel in den Fluſs gegossen wurde, um es dem Feuer zu entziehn, wobei man aber bemerkte, daſs augenblicklich die Wellen ruhiger wurden, wie denn auch ein altes Gesetz verordnen soll, wenn bei einem Sturme Güter über Bord geworfen würden, das unter der Ladung etwa befindliche Oel zuerst auszuschütten. Endlich kann hierhin gerechnet werden der Gebrauch einiger portugiesischen, spanischen und italienischen Matrosen, das Spülwasser mit den Resten des Fettes der Speisen in das Meer zu schütten, als ein Opfer auf die Lampe einer gewissen Nossa Senhora zur Besänftigung des Meeres[5].

79) Der erste, welcher in neuern Zeiten diese Aufgabe als eine wissenschaftliche behandelte, war der berühmte Franklin[6]. Dieser erfuhr durch Brownrigg, daſs nach der Aussage Gilfred Lawson's die Austernfischer unweit Gibraltar die Bewegung des Meeres durch etwas ausgegossenes Oel besänftigen, um besser unter dem Wasser sehn zu können. Ferner hörte er, daſs die Taucher im mittelländischen Meere zu-

---

1 Otto in Allg. geogr. Ephem. Th. II. S. 516.

2 Lect. ant. T. II. p. 8. ed. Basn.

3 Colloq. e rec. P. Rabii. Ulm 1747. p. 262.

4 Reise durch Westgothland. S. 304.

5 Gött. Mag. Jahrg. II. St. VI. S. 332.

6 Phil. Trans. T. LXIV. P. II. p. 445. Journ. de Phys. T. LXV. p. 277.

weilen etwas Oel aus dem Munde lassen, um besser sehn zu können; auch erzählte ihm ein alter Capitain, dafs die Bermudier Oel auf das unruhige Meer giefsen, um die Fische zu sehn, die sie fangen wollen. Als fernere Beweise dienten ihm die Angabe PENNANT's[1], dafs die schottischen Fischer die Anwesenheit der Seekälber aus der Ruhe des Meeres über ihnen erkennen, wenn sie einen fetten Fisch fressen, ferner die Bemerkung, dafs der von den Wallfischfängern im Hafen zu Newport ausfliefsende Thran die See ruhig mache, und vor allen Dingen eine ausführliche Erzählung TENGNAGEL's, dafs bei der Insel Amsterdam einst ein Schiffscapitain während eines Sturmes wiederholt kleine Quantitäten Oel ins Meer giefsen liefs, dadurch die Wellen besänftigte und sein Schiff vom Untergange rettete. Uebereinstimmend hiermit erzählt LELYVELD[2], dafs die Fischer im Texel das Wasser durch Oel besänftigen, wenn sie Butten fangen wollen. Um die Sache zu prüfen, gofs FRANKLIN auf einen Teich nur einen einzigen Theelöffel voll Oel und bemerkte zu seiner Verwunderung, dafs eine Fläche desselben von $\frac{1}{2}$ Acre, über welche das Oel sich ausbreitete, sofort spiegelglatt wurde. Diesen Versuch wiederholte er nachher mehrmals mit gleichem Erfolge und dabei entdeckte er zugleich eine von denjenigen Erscheinungen, welche später die Aufmerksamkeit vieler Physiker auf sich gezogen haben[3]. Er sah nämlich, als er seinen Versuch in SMEATON's Gegenwart wiederholen wollte, dafs eine in Oel ertränkte Fliege auf Wasser geworfen sich schnell um sich selbst drehte, wodurch er veranlafst wurde, kleine Stückchen Holz oder Papier am einen Ende mit Oel zu bestreichen und dadurch eine Umdrehung derselben auf dem Wasser zu bewirken. Die Gebrüder WEBER[4] haben diese und ähnliche Versuche mit Rübsenöl, Olivenöl, Mandelöl, Terpentinöl, Nelkenöl, Bergöl und Hirschhornöl wiederholt und gefunden, dafs

---

1 Brit. Zool. 1776. T. IV. Art. Seal.

2 Essay sur les moyens de diminuer les dangers de la mer par l'effusion de l'huile cet. Amst. 1776. S. Gött. Gel. Anz. 1777. St. 12. S. 179.

3 Vergl. *Adhaesion*. Bd. I. S. 199.

4 Wellenlehre S. 78. CHALLIS scheint diese vielen Thatsachen nicht gekannt zu haben, als er das Phänomen bekannt machte. S. London and Edinb. Phil. Mag. N. XLVII. p. 288.

alle diese sich über einer Wasserfläche mit großer Gewalt ausbreiten, so daſs sie kleine Körperchen fortstoſsen, selbst wenn sich über Kalkwasser eine feine Haut gebildet hat. Am interessantesten sind die Erscheinungen, wenn man kleine Papierschnitzeln oder Stücke von der Fahne einer Feder am einen Ende nur am Rande mit etwas Oel, wozu Nelkenöl am geeignetsten ist, bestreicht und auf Wasser wirft, indem man hierdurch die verschiedensten Drehungen hervorbringen kann. Wenn die Oele sich gleichzeitig über der Wasserfläche ausbreiten, so spielt die dadurch erzeugte dünne Haut mit Regenbogenfarben. Aehnliche Phänomene zeigen kleine Stückchen Kampfer, die man am einen Ende anzündet. Wirft man ein mit Lavendelöl getränktes Stück Zucker in Wasser bis etwa 1 Zoll tief unter dessen Oberfläche, so werden von dem sich auflösenden Zucker kleine Quantitäten Oel fortgetragen, die bei ihrer Ankunft auf der Oberfläche sich so gewaltsam ausbreiten, daſs dadurch kleine Wellen entstehn. Die Erscheinungen werden verstärkt, wenn man dem Wasser vorher so viel kaustisches Kali oder ätzenden Kalk zusetzt, als es aufnehmen kann. Aus allen Umständen geht übrigens deutlich hervor, daſs die Adhäsion des Oels zum Wasser hierbei die wirkende Ursache und also die gegebene Erklärung der drehenden Bewegungen des Kampfers die richtige sey.

Franklin wollte die Kraft des Oeles zur Besänftigung der Brandung ausmitteln, wie er gehört hatte, daſs dieses durch die Fischer zu Lissabon geschehe, wenn sie in den Fluſs einlaufen wollen, und er stellte daher mit dem Capitain Bentinck in Gegenwart von Bancks, Solander und Blagden einen Versuch an, indem er von einer segelnden Barke aus fortwährend Oel in einem kleinen Strome auf die brandenden Wellen gieſsen lieſs, während am Ufer der Küste und in einem vor Anker liegenden Boote die Wirkung desselben beobachtet wurde. Die Brandung ward dadurch nicht aufgehoben, jedoch schienen die kleinen kräuselnden Wellen besänftigt, und wo das Oel sich ausbreitete, entstand eine beruhigte Strecke, die ein zufällig vorbeisegelndes Schiff zur Bahn wählte. Lelyveld erzählt auſser dem oben Angegebenen noch eine Menge andere Beispiele von der besänftigenden Kraft des Oeles und v. Zach[1] stimmt der Meinung des

1 Correspondance astron. 1822. Cah. XXVII. p. 492.

P. Frisi[1] nicht bei, welcher diese Kraft des Oeles ganz in Zweifel zieht, vielmehr erzählt er, dafs ein Mitglied der Société Roy. humaine im Jahre 1800 vorgeschlagen habe, Oel mit Feuerspritzen über das Meer zu spritzen, wenn man gestrandete Schiffe retten wolle, weil man nur dann mit Erfolg ihnen Hülfe leisten könne, und gründete, als erfahrner Seemann, diesen Vorschlag auf verschiedene Beispiele, in denen er die Kraft des Oeles selbst bei seinem und andern Schiffen wahrgenommen hatte. Ferner erzählt Osobezkowsky[2], dafs er einst bei stürmischem Wetter sein Schiff am Ausflusse der Wolchawa in den Ladoga-See vor Anker gelegt und in vier Malen nach einander im Ganzen 42 ℔. Leinöl ins Wasser gegossen habe. Dadurch sey die ganze Strecke so eben als eine Spiegelfläche geworden und es habe geschienen, als ob die Wellen durch die Last des Oeles niedergedrückt würden. Am überzeugendsten sind wohl ohne Zweifel die Thatsachen, welche G. E. M. Richter[3] hierüber mittheilt. Einst stand er auf Porto Santo am Ufer und sah, wie ein Schiff von den Ankern losgerissen in den Wellen zu Grunde ging. Bald zeigte sich mitten in der Bay ein Boot, welches dem Strande zugetrieben wurde, und als es ihn eben erreicht, schien das Meer um dasselbe still zu werden, denn es hatte ein Ansehn als bei völliger Ruhe. Die Wellen erhoben sich aber bald wieder und schleuderten, jedoch ohne zu branden, das Boot hoch auf den Strand; die Menschen sprangen heraus und eilten der Höhe zu, um nicht von den nachfolgenden Wellen eingeholt zu werden. Die Ursache dieses günstigen Ausganges war ein Fäfschen mit Oel, dessen Boden im Augenblicke des Landens eingeschlagen wurde, so dafs der Inhalt sich über dem Wasser ausbreitete und die tobenden Wellen auf einen Augenblick besänftigte.

80) Viele haben sich bemüht, das Phänomen zu erklären, welches allerdings sehr auffallend ist, da man kaum begreift, wie eine so geringe Quantität Flüssigkeit die uner-

---

1 Opusc. filos. Milano 1781. Diss. III. dell' azione dell' olio sull' acqua. p. 59.

2 Halle Magie Th. IV. S. 566.

3 Reisen zu Wasser und zu Lande. Dresden 1821. Th. II. S. 66 ff.

meſsliche Kraft der Wellen zu bändigen vermöge. Dieses ist auſser einigen der bisher genannten Zeugen für die Richtigkeit der Thatsache unter andern versucht worden durch Achard[1], Wall, Percival[2], Patterson[3], Meister[4], Müller[5], Robinet[6] und Bellani[7]. Nach Aristoteles liegt die Ursache darin, daſs der Wind über der glattern Fläche des Oeles abgleitet. Franklin sah wohl ein, daſs eine so geringe Quantität einer fettigen Flüssigkeit die vorhandenen Wellen nicht eigentlich niederdrücken könne, allein er berücksichtigte zugleich die Entstehung der Wellen, sofern der Wind durch sein Anhängen an das Wasser nur eine kleine Welle erzeugt, die dann, indem sie niedersinkt, eine andere entstehen macht, und so erfolgt zuletzt das bedeutende Aufthürmen des Wassers durch den stets erneuerten Impuls, wie wenn man eine Glocke durch einen geringen Druck mit dem Finger in Bewegung setzt und diesen geringen Stoſs stets wiederholt, wodurch zuletzt Oscillationen entstehn, denen nichts zu widerstehn vermag. Hört aber dieser kleine Impuls auf, so werden auch die Schwingungen abnehmen und aufhören. Das Oel breitet sich auf der glatten und obendrein abstoſsenden Fläche des Wassers aus, der Wind gleitet darüber hin und kann daher die ersten Wellen (die nach Franklin in ihrem Fortgange durch stets neuen Impuls zu den gröſsern anwachsen) nicht bilden. Man würde sie daher gänzlich durch dieses Mittel zu stillen vermögen, wenn man ihren Anfang, wie bei einem Teiche, erreichen könnte, aber auch die bereits gebildeten werden dadurch vermindert, indem die kleinen, die über den gröſsern stets aufs Neue zu entstehn pflegen, nicht mehr gebildet werden, und vielleicht drückt auch der Wind die groſsen durch sein Hinfahren über die glatte Oberfläche nieder. Patterson, Achard und andere finden die Ursache hauptsächlich in der Gegenwirkung der in den ungleich specifisch schweren Flüssigkeiten entstehenden Schwingungen, die sich eben dadurch

---

1 Samml. physik. und chem. Abh. Th. I. S. 83.
2 Manchester Mem. T. II.
3 Amer. Phil. Trans. T. III. Vergl. Bibl. Brit. T. IX. p. 1.
4 Comment. Soc. Reg. Gott. 1768. p. 35.
5 Götting. Magaz. Jahrg. II. St. 6. S. 323.
6 Journ. de Phys. T. LXV. p. 277.
7 Brugnatelli Giorn. T. I. p. 257.

einander aufheben müssen. Das Oel würde also hiernach auf gleiche Weise wirken, als die Strohkränze, welche beim Transportiren des Bieres in offenen Gefäſsen auf die Oberfläche der Flüssigkeit gelegt zu werden pflegen, um das Herausspritzen zu verhüten, oder wie die leichten hölzernen Kreuze, deren sich die Milchträgerinnen zu gleichem Zwecke bedienen. Achard räth daher auch, durch eine Anzahl leerer Tonnen oder mit Luft gefüllter blechener Kasten die tobenden Wellen zu besänftigen. Müller und vorzüglich die Gebrüder Weber zeigen indeſs genügend, daſs die von Aristoteles und später von Franklin gehegte Ansicht in der Hauptsache die richtige sey, und suchen daher die Ursache des merkwürdigen Phänomens theils in einer geringen Bindung der Oberfläche des Wassers durch das sich ausbreitende Oel, theils und hauptsächlich in der glättern Oberfläche, welche das Anhaften des Windes und daher die Bildung der kleinern Wellen, die auf jeden Fall die Wirkung im Ganzen verstärken, so wie auch das Ueberschlagen der Kämme der groſsen Wellen, nicht gestattet. Zugleich mag Franklin darin wohl Recht haben, daſs dann der Wind momentan mehr niederdrückt und besänftigt, als stets neu aufregt, und es bleiben alsdann nur die regelmäſsigen, einmal erregten groſsen Wellen übrig. Dann ist aber zugleich auch ein Umstand zu berücksichtigen, welchen Richter mit Grunde hervorgehoben hat. Das Oel bewirkt nämlich, daſs die Wellen, die sonst am Strande brechen würden, sich wie ein dicker Wulst auf das Ufer wälzen und das Schiff, anstatt es an die Kante zu setzen und dem Schlagen der kräuselnden Wellen bloſszustellen, so weit auf den Strand hinaufschieben, daſs die nachfolgenden dasselbe nicht mehr erreichen können und nur schwach dagegenstoſsen. Das Oel wird mit Erfolg auch dann angewandt, wenn ein Fahrzeug bereits auf den Strand, aber nicht hoch genug gesetzt ist, um die kleinern Wellen so weit zu besänftigen, daſs die nächst gröſsere dasselbe wieder hebt und höher auf dem Strande in flacherem Wasser absetzt.

81) Die dritte Art der Bewegung des Meeres, auſser der Ebbe und Fluth und den Wellen, geben die verschiedenen *Strömungen.* Als allgemeine Ursachen derselben kennt man die Rotation der Erde, die Anziehung der Sonne und des Mondes, den Unterschied der Temperaturen und vorzüglich

die Winde; diese, in Verbindung mit der Gestalt der Länder und Küsten, der wechselnden Tiefe des Meergrundes und sonstigen örtlichen Verschiedenheiten, bedingen die Gröſse, Richtung und Dauer der Meeresströme. Rücksichtlich ihrer Dauer sind sie beständige oder wechselnde, und die letztern entweder periodische oder veränderliche, in Beziehung auf ihre Tiefe unterscheidet man aber *ganze Ströme* (*bodily current*), *Unterströme* und *Oberströme*. Man entdeckt sie durch den Einfluſs, den sie auf die Schiffe oder sonstige in sie kommende Körper ausüben, jedoch sind sie im tiefen Wasser nicht leicht aufzufinden, und noch schwieriger ist es, ihre Geschwindigkeit genau zu messen. Ganze Ströme und Oberströme werden leicht durch das Forttreiben der Schiffe oder sonstiger auf ihnen schwimmender Körper gemessen und im seichten Wasser am leichtesten und sichersten dadurch, daſs man einen schweren Körper auf den Boden hinabsenkt und die Zeit bestimmt, während welcher sich ein Boot eine gewisse Strecke von ihm entfernt. Wenn man aber, wie gewöhnlich geschieht, einen schweren Körper, z. B. einen eisernen Kessel, an einem Taue hinabsenkt und dann die Richtung sowohl, als auch die Geschwindigkeit aus der Ablenkung des Taues von der verticalen Linie bestimmen will, so ist dieses ein unsicheres und oft ein gar nicht anzuwendendes Mittel, insofern es bloſs das Verhältniſs der Bewegungen an der Oberfläche und in gröſserer Tiefe angiebt. Um die Richtung und Geschwindigkeit der gröſsern, für die Schifffahrt bedeutenden Strömungen aufzufinden, wenn man kein Land sehen und das Schiff nicht vor Anker legen kann, pflegt man den Lauf des Schiffes aus der Beobachtung der Länge und Breite und nach der Schiffsrechnung zu bestimmen, deren Unterschied als eine Folge der Strömungen betrachtet wird. Es erfordert jedoch groſse Aufmerksamkeit, die Schiffsrechnung mit gehöriger Genauigkeit für diesen Zweck zu führen[1].

82) Die gröſste Meeresströmung ist die allgemeine westliche[2] des ganzen Oceans in der äquatorischen Zone und an

1 Sabine Account of Experiments cet. p. 426.

2 Der bei den Schiffern eingeführte Sprachgebrauch ist, daſs der Wind nach derjenigen Weltgegend benannt wird, woher er kommt, das Wasser dagegen, wohin es flieſst. Der unter den Tro-

vielen Stellen noch darüber hinaus. Sie heifst von der Gegend, der sie angehört, *Aequinoctialströmung* und besteht darin, dafs die Gewässer der grofsen Oceane in einer Richtung von Osten nach Westen mit einer Geschwindigkeit von ungefähr zwei bis drei geographischen Meilen in einem Tage strömen, so dafs die Schiffe in ebendieser Richtung durch Hülfe dieser Strömung und zugleich des ebendaselbst herrschenden Passatwindes schnell segeln, mithin den Weg von Europa nach Ostindien in verhältnifsmäfsig kurzer Zeit zurücklegen würden, wenn die Landenge von Panama ihnen einen Durchgang verstattete. Man trifft sie im atlantischen Meere zwischen Africa und America, dann findet sie sich wieder im stillen Oceane, geht bis zum indischen Meere fort durch die Meerenge von Java, beugt sich um die Südspitze von Africa und kommt wieder in der magellanischen Meerenge zum Vorschein. Unter dem Aequator ist sie im Ganzen rein westlich, nordwärts vor demselben wird sie etwas nordwestlich, südwärts von ihm südwestlich, unter höhern Breiten geht sie aber in anders gerichtete, durch anderweitige Bedingungen erzeugte Strömungen über, die sie gröfstentheils veranlafst.

Wenn man die Ursachen dieser Strömung aufsucht, so könnte es auf den ersten Blick zweifelhaft scheinen, ob der unter dem Aequator gleichfalls herrschende beständige Ostwind, der Passatwind, Ursache dieser Bewegung des Meeres sey oder umgekehrt, da es nichts Widersprechendes einschliefst, anzunehmen, dafs die Luft vermöge ihrer Adhäsion zum Wasser in der nämlichen Richtung, worin letzteres strömt, mit fortgerissen würde; allein bei genauerer Betrachtung unterliegt die erstere Annahme wohl keinem Zweifel; denn die östliche Luftströmung zeigt sich auch über weit ausgedehnten Ebenen auf dem Continente und aufserdem ist sie schneller als die des Wassers. Als Hauptursache dieser Aequinoctialströmung ist jedoch der stete Wechsel der Ebbe und Fluth in Verbindung mit dem Einflusse, welchen der Umschwung der Erde um ihre Axe herbeiführt, anzunehmen. Denkt man sich nämlich, wie

---

pen wehende Passatwind heifst daher Ostwind, der Strom des in gleicher Richtung fliefsenden Wassers müfste dagegen Weststrom heifsen, wie man ihn zuweilen nennt. Meistens redet man von westlicher Strömung.

der Mond, wenn man diesen wegen seiner stärkern Wirkung mit Uebergehung des ähnlichen Einflusses der Sonne allein berücksichtigt, binnen etwa 25 Stunden von Osten nach Westen scheinbar um die Erde läuft und das Meer so in die Höhe hebt, dafs es ungefähr 2,5 Stunden nach dem Durchgange dieses Trabanten durch den Meridian eines Ortes unter ebendiesem seine gröfste Höhe erreicht, so folgen hieraus zwei Wirkungen nothwendig. Zuerst mufs das Wasser hinter dem fortrückenden Monde her gezogen werden und durch die stets wirkende Kraft endlich nach dem Gesetze der Trägheit eine eigene Bewegung von Osten nach Westen erhalten. Zweitens aber wird das Gewicht der Wassersäulen an den angezogenen Stellen unter dem Aequator durch diese Anziehung geringer werden, die hierdurch erzeugte Umwandlung der runden Erdkugel zur elliptischen Form mufs sich auch nach den Polen hin erstrecken und der Druck des Wassers daselbst unter denjenigen Meridianen, unter denen die Fluth ihr Maximum erreicht hat oder welche gerade vom Monde am stärksten angezogen werden, mufs also zunehmen. Hierzu kommt als mitwirkende Bedingung, dafs das Meer unter dem Aequator stark verdunstet, der erzeugte Wasserdampf durch Luftströmungen nach den Polen hin abfliefst und zum grofsen Theile in den gemäfsigten Zonen und den Polargegenden als Hydrometeore wieder herabfällt, wodurch also die Masse des Meerwassers dort unausgesetzt vermindert, hier dagegen vermehrt wird. Aus beiden Ursachen mufs nothwendig ein stetes Strömen des Wassers von den Polargegenden nach dem Aequator hin statt finden. Hätte die Erde keine Umdrehung um ihre Axe, so würde hieraus eine wechselnde Strömung, gröfstentheils in der Tiefe, von den Polen zum Aequator und vom Aequator wieder auf der Oberfläche nach den Polen hin entstehn. Nehmen wir aber an, dafs ein unter dem Pole befindliches, an der Rotation der Erde nicht theilnehmendes Wassertheilchen in einer verschwindend kleinen Zeit plötzlich unter den Aequator gelangte, so würden sich die äufsersten Puncte der Erde mit einer Geschwindigkeit von ungefähr 1400 Fufs in einer Secunde unter demselben in der Richtung von Westen nach Osten wegbewegen, oder wenn man diese Rotationsbewegung, wie wirklich der Fall ist, nicht wahrnähme, so würde es selbst mit einer gleichen Geschwindigkeit sich in entgegengesetzter

Richtung zu bewegen scheinen. Es muſs daher jedes Wassertheilchen, welches von den Polen dem Aequator zuflieſst, eine um so viel schnellere Bewegung von Osten nach Westen annehmen, je mehr und in je kürzerer Zeit es sich dem Aequator nähert, durch seine Adhäsion an die übrigen Wassertheilchen aber, welche an dem Unschwunge der Erde um ihre Axe bereits Theil nehmen, um so viel mehr verzögert werden, je länger es mit ihnen in Berührung bleibt oder je längere Zeit es gebraucht, um aus den höhern in die niedern Breiten zu gelangen. Hieraus wird also deutlich, auf welche Weise durch den vereinten Einfluſs der Ebbe und Fluth und der Rotation der Erde die allgemeine westliche Strömung der Meere in den Aequinoctialgegenden entstehn müsse.

83) Unter den verschiedenen Strömungen, welche durch diese allgemeine westliche erzeugt oder mindestens bedingt werden, ist für Europa der *Golphstrom* bei weitem der wichtigste. Man darf annehmen, daſs diese ganze Strömung ihren Ursprung dicht an der africanischen Küste erhält und unter dem Namen des *äquatorischen Stromes* den Küsten America's entgegenflieſst. Nach Rennel[1] erhält er seinen Anfang unmittelbar unter dem Aequator, indem nördlich über demselben gerade die entgegengesetzte Strömung herrscht, wo zwei starke Ströme einander parallel nach ganz entgegengesetzten Richtungen flieſsen. Im Meridian von St. Thomas ist seine nördlichste Grenze zwischen 2 bis 3 Grad südlicher Breite, seine Richtung genau westlich zwischen 7°,5 östl. und 7°,5 westl. Länge von Greenwich und seine Geschwindigkeit ungefähr 40 Seemeilen in 24 Stunden. Unter 8° westl. Länge und 5° südl. B. ist die Richtung der allgemeinen Strömung von S. O. herkommend, diese stöſst also schräg gegen den Aequatorialstrom und dient hierdurch zu seiner Unterstützung. Unter 23° westl. L. theilt er sich in zwei Arme, deren einer etwas nach N. W. gerichtet sein Wasser in das atlantische Meer ausbreitet, der andere dagegen, bei weitem der stärkere, nimmt eine Richtung nach S. W. hin an und behält diese bei bis an die Küsten von America, wo er durch den Vorsprung der Küste zwischen Cap St. Roque und Cap St. Augustin sich

1 Investigation of the Currents of the Atlantic Ocean. Lond. 1832. Vergl. Sabine Account of Experiments cet. p. 441.

abermals in zwei Arme theilt, deren einer eine südwestliche, der andere eine nordwestl. Richtung erhält. Der erstere geht längst der americon. Küste hinab und trägt zur Erzeugung der bedeutenden Strömung in der Magellan'schen Strafse bei, die wieder mit den Strömungen der Südsee zusammenhängt, der andere läuft in der Richtung nach N. W. unfern der americanischen Küste entlang, anfangs mit etwa 62 Seemeilen Geschwindigkeit, von Maranhan an aber mit der enormen Schnelligkeit von 99 Seemeilen in 24 Stunden, welche näher bei der Küste allmälig bis auf etwa 12 Meilen in derselben Zeit abnimmt. Diese Geschwindigkeit behält er jedoch nicht lange, sondern sie wird auf weniger als 20 Meilen vermindert, welche ihm unfern Jamaica noch bleiben, und jenes Maximum erreicht er nur durch den Einflufs des schräg auf ihn stofsenden Amazonenflusses. Auf diese Weise strömt der Hauptarm des Aequatorialstromes mit abwechselnden Krümmungen und veränderlicher Geschwindigkeit in den mexicanischen Meerbusen, wendet sich in diesem Golph ungefähr in einem Halbkreise und strömt zwischen Havannah und Florida unter dem Namen des Golphstromes wieder aus.

Der *Golphstrom*[1], dessen Anfang in den Golph von Mexico gesetzt wird, besteht in der Hauptsache aus dem warmen Wasser, welches der Aequatorialstrom in jenen Meerbusen zusammendrängt und dessen Temperatur noch durch unterirdische Wärme in der Gegend der Antillen vermehrt wird, so dafs ungeachtet der Aufnahme des kältern Wassers der Ströme, die von Norden her sich in jenes Meer ergiefsen, seine Temperatur von Sabine im November noch = 27° C. gemessen wurde. Dieses ist also die Wärme des Wassers beim Anfange dieses Stromes und seine Geschwindigkeit wurde von ebendiesem mit grofser Genauigkeit = 70 Seemeilen in 24 Stunden gemessen. Die hier angegebene Geschwindigkeit in seiner Mitte ist gröfser als an den Seiten, aber höchst merkwürdig mufs es scheinen, dafs sie nach Sabine's Messung weiter hin zwischen Charlestown und Cap Hatteras geringer wird, dann aber jenseits des letzten Ortes bedeutend und zwar bis

1 Eine Zeichnung der Breite und Richtung dieses merkwürdigen Meeresstromes findet sich in John Melish Reise nach den vereinten Staaten. Weim. 1819. S. 29.

zu 77 Seemeilen in 24 Stunden zunimmt. Diese Messung wurde jedoch im Winter gemacht, und SABINE glaubt, daſs in dieser Jahrszeit das Verhalten gerade das umgekehrte ist. Hiernach soll der Strom bei seinem Eintritt in das atlantische Meer aus dem Meerbusen von Florida im Sommer eine Geschwindigkeit von 80 Seemeilen in 24 Stunden haben, bei seiner Richtung nach NO. an den Küsten America's hin kein Hinderniſs finden, vielmehr durch seine westliche Ausbreitung in die groſse Bucht zwischen Hatteras und Nantucket bis unter 70 Seemeilen Geschwindigkeit in 24 Stunden herabsinken. Im Winter dagegen soll das Niveau des Meerbusens von Mexico abnehmen (vielleicht weil periodische Regen und Stürme sich mehr nach Süden hin ziehn), dagegen stärkere Strömungen gegen die nördliche und westliche Seite des Stromes in Folge der nördlichen und nordöstlichen Winde statt finden, welche das Wasser desselben hindern, die Bänke von Nantucket und St. Georg bei Neufundland zu erreichen, dagegen die Wassermasse des Meeres zwischen Cap Hatteras und Nantucket aufhäufen und die Geschwindigkeit des Stromes über die anfängliche erhöhn. Diese Ansicht stimmt ganz damit überein, daſs v. HUMBOLDT[1] die Geschwindigkeit des Stromes unter etwa 26° N. B., also nachdem er sich nach seinem Austritte aus dem Bahama-Canale ganz nach Norden gewandt hat, im Mai = 80 Seemeilen in 24 Stnnden fand, welches 5,25 Fuſs in 1 Secunde beträgt, und an einigen Stellen soll die Geschwindigkeit noch gröſser seyn. Seine Richtung behält er von hier an bei, bis er durch die groſse Bank von Neufundland abgewandt wird, und seine Breite, welche Boston gegenüber etwa 80 Seemeilen beträgt, bleibt sich an der americanischen Küste ziemlich gleich, die Temperatur aber vermindert sich allmälig, doch ist sie in der Gegend der groſsen Bank von Neufundland, nach einer Strecke von mehr als 1000 Seemeilen, noch gegen 21° bis 22° C., statt daſs die der Meeresoberfläche dort nicht mehr als 9° bis 10° C. beträgt. Vor der Erreichung der genannten Bank wendet er sich östlich und strömt in dieser, auch wohl in südöstlicher Richtung nach den Azoren, über welche er nach RENNEL selten hinausgeht, indem sein Wasser, in dem des Oceans ausgebreitet, sich nach

1 Reisen. D. Ueb. Th. I. S. 88 ff.

den Küsten Africa's wendet. Inzwischen fand SABINE[1] zwischen 33° bis 38° und selbst bis 44° N. B. und zwischen 10° bis 16° westl. Länge von Greenwich eine so ungewöhnlich höhere Temperatur des Meeres, dafs er diese nur von einer Fortsetzung des Golphstromes ableiten konnte, wobei er auch andere Beispiele, namentlich von FRANKLIN[2], anführt, welcher eine solche vermehrte Wärme unter dem 45sten Grade N. B. bis nach dem Meerbusen von Biscaya hin wahrnahm. Solche Ausnahmen betrachtet er als Folgen ungewöhnlich starker Stürme, die eine gröfsere Menge Wasser in den caraibischen und mexicanischen Meerbusen zusammenpressen, so dafs der Golphstrom dadurch eine gröfsere Gewalt erhält, oder auch westlicher Stürme, die das Wasser desselben diesseits America's den europäischen Küsten näher bringen. Dafs solche Ausnahmen durch ihren Einflufs auf die Witterung ungewöhnliche Erscheinungen der letztern herbeiführen müssen, die in Europa wahrgenommen unerklärlich scheinen, läfst sich nicht bezweifeln. Aufser der höhern Temperatur zeichnet sich der eigentliche Golphstrom noch aus durch seine tief blaue Farbe und eine Menge Meergras, welches er mit sich führt. Nicht sowohl ein eigener Arm dieses Stromes, dessen Existenz jedoch SCORESBY[3] annimmt, als vielmehr eine bedeutende Quantität seines Wassers, die nach der Menge und Stärke westlicher und südwestlicher Winde zunimmt, fliefst in den Canal, nach den Küsten Englands, Irlands, selbst nach den hebridischen Inseln und den norwegischen Küsten, woraus man die höhere Temperatur jener Gegend, als welche ihrer Breite zukommt, ableitet. Manche Gegenstände, die von den americanischen Küsten dorthin getrieben werden, dienen als weitere Beweise dieser Annahme[4]. Diese allgemeine Bewegung des Wassers aus niedern Breiten nach den höhern erreicht jedoch an den skandinavischen Küsten ihr Ende nicht, sondern geht noch weiter über Nova-Zembla und Spitzbergen hinaus, je-

---

1 Account of Experiments cet. p. 429.

2 Transact. of the Amer. Soc. T. II. p. 315.

3 Account of the Arct. Reg. T. I. p. 206.

4 Vergl. Hydraulic and nautical observations cet. by Governor POWNAL. Lond. 1787. 4. BLAGDEN in Phil. Trans. Tom. LXXII. p. 331. FRANKLIN in Transact. of the Amer. Phil. Soc. T. II. p. 325. RUMFORD in G. I. 458. Quarterly Review N. XXXVI. p. 441.

doch ist nicht anzunehmen, daſs der Strom in die Tiefe herabgehn sollte, vielmehr verliert er seine höhere Temperatur durch seine weite Ausbreitung zwischen dem herabkommenden Polareise. Nicht ohne Einfluſs ist diese Bewegung ferner auf die Strömung, welche vom Nordpole herab gegen die Ostküste Grönlands stöſst, dort das Eis zu unzerstörbaren Massen aufhäuft und ihr tief erkaltetes Wasser, mit welchem sich das aus der Baffinsbay durch die Davis-Straſse herabkommende vereinigt, nach den Küsten von Labrador und Neufundland treibt. Innerhalb des Polarkreises von den östlichen Küsten Ruſslands bis nach den Küsten von Grönland und Labrador ist die herrschende Strömung an der Oberfläche von Ost nach West, von Nordost nach Südwest und von Nord nach Süd. In der Behringstraſse fand Kotzebue die Strömung nach Nordost gerichtet und eine Geschwindigkeit von 2,5 Seemeilen in der Stunde innehaltend; es ist jedoch wohl gewiſs, daſs sie höher hinauf sich wendet und in die allgemeine Strömung des sibirischen Polarmeeres sich verliert, die sich unter Spitzbergen hin bis nach Labrador erstreckt[1]. Es ist indeſs nicht bloſs möglich, sondern wohl vielmehr wahrscheinlich, daſs der Hauptarm in entgegengesetzter Richtung an den Nordküsten America's hinflieſst und mit der südlich gerichteten Strömung in der Davis-Straſse zusammenhängt, worüber jedoch bei gänzlich fehlenden oder mangelhaften Nachrichten nicht wohl völlige Gewiſsheit zu erlangen steht.

84) Es kann hier wohl nicht erwartet werden, auſser der erwähnten allgemeinen westlichen Strömung des Oceans, des dazu gehörigen Aequinoctial-Stromes und des hierdurch entstehenden Golphstromes alle die zahlreichen bekannt gewordenen Meeresströme namhaft zu machen, deren einige man nur auf groſsen, seltenen Seecharten angegeben findet, und es wird daher genügen, nur noch einige der wichtigsten zu nennen. Eine Hauptströmung darf man wohl mit dem Golphstrome in Verbindung bringen, wenn man annimmt, daſs die Hauptwassermasse desselben von den Azoren sich in südlicher Richtung gegen die africanischen Küsten wendet und die Schiffe auf die sandigen Ufer der Nordwestküste Africa's als ersehnte Beute der räuberichen Horden jener Districte zu treiben droht. Ei-

---

1 Scoresby a. a. O. p. 213.

gentlich hervorstechend wird jedoch der Meeresstrom von dem grünen Vorgebirge an längst der Küste bis in den Meerbusen Fernando Po, wo er so reifsend fliefst, dafs Schiffe, mit demselben segelnd, einen Weg von 60 Seemeilen in zwei Tagen zurücklegen, gegen ihn aber oft 6 bis 7 Wochen nöthig haben. Sabine[1] hat ihn von Cap Mount bis zum Flusse Gaboon, also von 8° N. B. bis dicht an den Aequator, untersucht, er strömt hier der Küste entlang fast genau östlich, und es ist merkwürdig, dafs auf eine bedeutende Strecke dieser und der Aequatorialstrom einander parallel und in ganz entgegengesetzter Richtung fliefsen. Dieser östliche Strom ist an einigen Stellen 130 Seemeilen breit, fliefst mit einer Geschwindigkeit von 9 bis 51 Seemeilen in 24 Stunden und sein Wasser ist beträchtlich wärmer, als das des westlichen Aequatorialstromes, weil ersterer durch die über die grofse africanische Wüste wehenden östlichen Winde sehr erwärmt wird, letzterer aber die um die Südspitze Africa's in nördlicher und nordwestlicher Richtung fliefsenden Gewässer aufnimmt. In der Mitte des Golphs von Guinea hat der östliche Strom eine mittlere Temperatur von 29° C. im April und Mai, die am südlichen Rande bis 28° herabgeht, in Folge des in ihn fallenden, in der Richtung nach Norden strömenden Wassers; auch ist die Temperatur nahe am Lande etwas geringer, zum Theil deswegen, weil das Wasser der grofsen dort mündenden Flüsse kälter ist. Der Aequatorialstrom hat an seinem Ursprunge unfern des Flusses Gaboon nahe unter dem Aequator aus ebendiesen Ursachen nur eine Temperatur von 23° C., diese steigt aber schnell, wurde bei der Insel Ascension unter 7° 27′ S. B. 13° 22′ westl. Länge, wo seine Richtung N. 57 W. ist, von Sabine = 25°,56 C. gefunden und erhält sich zwischen Trinidad und Jamaica fast unausgesetzt auf 28° C. Die allgemeine westliche Strömung des Wassers unter niedern Breiten treibt die Gewässer des indischen Oceans gegen die Ostküste Africa's und erzeugt einen starken Strom zwischen Madagascar und dem Vorgebirge der guten Hoffnung in der Richtung von Nordost nach Südwest, so dafs die Schiffer nur mit frischem Winde ihm entgegen zu segeln vermögen. An der Küste von Peru, zwischen Lima und Guayaquil, ist die Strö-

1 Account of Experiments. p. 437.

mung unweit der Küste so stark, daſs man diese Strecke in drei bis vier Tagen zurücklegen kann, rückwärts aber, dem Strome entgegen, würde man zwei bis fünf Monate brauchen, und die Schiffer müssen daher behutsam seyn, daſs sie nicht, durch die Aehnlichkeit der Küste in groſser Ausdehnung getäuscht, vor den Landungspuncten vorbeisegeln, weil sie sonst eine Reise von einem Tage rückwärts in vierzehn Tagen kaum wieder einbringen würden.

85) *Periodisch wechselnde Meeresströme* werden wohl ohne Ausnahme durch die regelmäſsig wechselnden Winde erzeugt, obgleich die Richtung beider in Folge anderweitig mitwirkender Bedingungen nicht allezeit zusammenfällt. In der Gegend der Maldiven, im Meere zwischen Malacca und Cochin, ist die Strömung von April bis Ende August östlich, nachher mit gröſster Heftigkeit westlich, so daſs das an den Küsten brandende Meer stark brauset. Bei Sumatra ist eine Strömung, welche zur Zeit der Westwinde eine südwestliche, zur Zeit der Ostwinde aber eine östliche Richtung hat, in der übrigen Zeit aber den herrschenden Winden folgt. Ueberhaupt trifft man an den meisten Stellen des Oceans Strömungen an, aber sie sind hinsichtlich der Stärke und Richtung sehr verschieden, oft nur durch anhaltende Winde entstanden und daher vorübergehend. Einige derselben, wie namentlich auch wohl vorzüglich der Golphstrom, sind für die Schiffe nicht minder hinderlich, wenn der Wind ihnen entgegen weht, vielmehr werden sie dann oft unruhig bis zum Toben und ihre Stärke nimmt zu, was man beim Golphstrome davon ableitet, daſs der stärkere Ostwind eine gröſsere Wassermasse in den caraibischen und mexicanischen Meerbusen zusammenpreſst und somit die Gewalt des ausflieſsenden Stromes erhöht[1]. Leicht begreiflich ist ferner, daſs einmal vorhandene starke Strömungen wieder andere hervorrufen müssen, weil sonst groſse Wassermassen sich anhäufen würden. Verschiedene Gelehrte, namentlich Riccioli, Fournier, Vossius, Romme[2], nach diesem de la Metherie[3], Parrot[4]

---

1 Vergl. Krusenstern's Reisen. Th. III.

2 Tableau des Vents, des Marées et des Courants cet. 2me éd. Par. 1817. II Voll. 8.

3 Journal de Phys. T. LXVII. p. 81.

4 Grundriſs der theor. Physik. Th. III. S. 389.

und andere nehmen daher aufser der allgemeinen westlichen Strömung noch eine von den Polen nach niedern Breiten hin an. Dafs eine solche partielle sich durch das jährlich südwärts treibende nördliche Polareis im grönländischen Meere und der Davis-Strafse ankündige, unterliegt keinem Zweifel, auch treibt das Eis, welches die südliche Polarzone umlagert, an vielen Stellen den niedern Breiten zu; ob aber hiernach eine ganz allgemeine Bewegung dieser Art anzunehmen sey, bleibt noch fraglich, obgleich es nach den oben angegebenen Ursachen der regelmäfsigen allgemeinen westlichen Strömung der Oceane mindestens höchst wahrscheinlich wird. Nach der Analogie einer ähnlichen Bewegung der Atmosphäre darf man auch wohl geneigt seyn, in Folge der Hebung des Meeres unter dem Aequator durch die Anziehung des Mondes und der Sonne, desgleichen durch sein geringeres spec. Gewicht in Folge seiner höhern Temperatur eine in der Tiefe statt findende Strömung von den Polen gegen den Aequator anzunehmen. Die gröfsere Leichtigkeit des äquatorischen Seewassers wird zwar durch dessen gröfsern Salzgehalt compensirt; allein wenn wir annehmen, dafs dieser Unterschied etwa 0,002 beträgt und das Seewasser durch 10° C. um 0,001068, durch 20° C. aber um 0,003052 an Volumen zunimmt[1], so scheint mit Rücksicht auf die anderweitigen Bedingungen der Temperaturunterschied ein Uebergewicht zu haben und vielleicht ist die Kälte in gröfsern Tiefen bei den äquatorischen Meeren eine Folge des von den Polen aus dorthin strömenden kalten Wassers.

86) Endlich werden im Meere Strömungen getroffen, die sich augenfällig theils durch ihre Richtung, theils durch Farbe und auch durch geringern Salzgehalt als eine Folge einmündender Ströme ankündigen. Diese sind, wie leicht zu erachten, nur dann bedeutend, wenn die Landströme zu den gröfsten gehören, und die Gröfse beider ist einander direct proportional. Man hat dieses namentlich wahrgenommen beim Ganges und die Fluthen des Amazonenflusses sind nach Sabine[2] bis auf 300 Seemeilen noch kenntlich.

---

1 S. Mém. prés. à l'Acad. de Petersbourg. T. I. p. 70.
2 Account cet. p. 447.

87) Eingeschlossene Meere haben gleichfalls Strömungen, die durch ihre Verbindung mit dem Ocean und durch den verhältnifsmäfsig bedeutendern Einflufs grofser, in sie mündender Ströme erzeugt werden. Das mittelländische Meer hat verschiedene Strömungen und im Ganzen hat seine Wassermasse eine von Osten nach Westen gerichtete Bewegung; am bekanntesten aber ist die östliche Strömung in der Meerenge von Gibraltar, die in diesem Canale selbst so stark ist, dafs das Wasser zwei Seemeilen in einer Stunde zurücklegt und seine Bewegung noch eine bedeutende Strecke weiter mit abnehmender Stärke beibehält. Als Ursache dieser Strömung wird der niedrigere Wasserstand dieses Meeres betrachtet, dessen Niveau im Mittel etwas 27 Fufs tiefer, als das des arabischen Meerbusens seyn soll (§. 3.). Da aber auch das schwarze Meer gleichfalls durch eine starke Strömung eine Menge Wassers dem mittelländischen Meere zuführt, so müfste das Niveau des letztern bedeutend zunehmen und dadurch die Ursache dieser Strömung aufhören. Schon Kircher[1] suchte diese Schwierigkeit durch Annahme unterirdischer Canäle zu heben, die unter der Landenge zwischen Asien und Africa vorhanden seyn sollten. Halley[2] und Büffon[3] nahmen ihre Zuflucht zu der starken Verdunstung, die nach Popowitsch[4] noch durch unterirdische Wärme verstärkt werden soll, Bergmann[5] aber findet durch Berechnung der Menge des einströmenden Wassers, dafs der Spiegel des Meeres jährlich gegen 22 Fufs wachsen müfste, wovon nur 30 Zoll durch Verdunstung wieder abgehn würden. Neuerdings nimmt man allgemein an, dafs eine grofse Menge Wasser durch Verdunstung entfernt und so der bestehende Unterschied fortdauernd erhalten werde. Aufserdem darf man im Allgemeinen bei einem vorhandenen Oberstrome in Meerengen auf einen in entgegengesetzter Richtung fliefsenden Unterstrom rechnen und man hat daher auch einen solchen in der Meerenge bei Gibraltar angenommen, wofür noch aufserdem als Beweis gilt, dafs im Jahre 1712 ein holländisches Schiff mitten in diesem Canale von

1 Mundus subterraneus. T. I.
2 Miscellan. curiosa. T. I.
3 Hist. naturelle. T. I. p. 399.
4 Untersuchungen vom Meere. Frankf. u. Leipz. 1750. 4.
5 Physikal. Beschreib. d. Erdkugel. T. II. Abth. 5. Cap. 3.

einem französischem in den Grund gebohrt wurde, dessen Trümmer im atlantischen Meere wieder zum Vorschein kamen[1]. Außerdem hielt früher WAIS[2] und neuerdings PATTON[3], nebst vielen andern, welche die Sache für ausgemacht ansahn, einen solchen untern Gegenstrom für eine nothwendige Folge der stärkern Salzigkeit des mittelländischen Meeres, wonach die schwerere Flüssigkeit unten eine der obern leichtern entgegengesetzte Strömung annehmen muſs, ebenso wie die Luft in eingeschlossenen Räumen durch jede gegebene Oeffnung in entgegengesetzter Richtung stets die kältere unten, die leichtere oben strömt, wobei noch auſserdem das bestehende Verhältniſs des gröſsern Salzgehaltes nur dadurch erhalten werden kann, daſs stets ein Theil des salzigern Wassers wieder abflieſst, weil es sonst durch die stärkere Verdunstung und bei fortdauerndem Zufluſs des Seewassers aus dem atlantischen Meere einen weit höhern Grad der Sättigung erhalten müſste, als man gefunden hat. Man darf annehmen, daſs diese Ansicht allgemein herrscht. Neuerdings hat jedoch v. HOFF[4] die Existenz eines solchen Unterstromes als unverträglich mit der Beschaffenheit des Grundes in jener Meerenge bestritten und später zur Widerlegung der ihm gemachten Einwürfe die Gegengründe möglichst stark hervorgehoben, wobei er ganz im Widerspruch mit BERGMANN durch Berechnung zu zeigen sucht, daſs wegen der starken Verdunstung dieses Meeres, ungeachtet des beständigen Einströmens, das Niveau stets niedriger seyn müsse; ein Resultat, zu dessen absoluter Begründung jedoch die Thatsachen noch keineswegs hinlänglich ausgemittelt sind. Faſst man die in dieser Streitfrage aufgestellten Gründe für und wider das Vorhandenseyn eines Unterstromes kurz zusammen, so liegt allerdings in dem Felsgrate, welcher unter dem Wasser von Calpe bis Abila hinläuft und sich zwischen den auf beiden Seiten so sehr tiefen Meeren bis 11, an einigen Stellen sogar bis 4 Faden unter der Oberfläche des Wassers erhebt, ein unverkennbares Argument gegen die Annahme eines Unterstromes, allein keineswegs ein absolut be-

1 Philos. Trans. N. 385. p. 191. Vergl. G. LXIII. 139.

2 Abhandl. d. Acad. zu Stockholm 1755.

3 Edinb. Phil. Journ. N. VIII. p. 243.

4 Geschichte der natürl. Veränderungen d. Erdoberfläche u. s. w. Th. I. S. 154. Th. III. S. 278.

weisendes; denn es ist eine gewöhnliche Erscheinung, dafs das Wasser in der Nähe von Wehren aus nicht unbeträchtlicher Tiefe schräg emporsteigt und überfliefst. Dafs aber das Wasser des atlantischen Meeres, wie v. Hoff meint, von der schrägen Felsenwand zurückgestofsen und durch den obern Strom niedergedrückt eine entgegengesetzte Strömung erhalten sollte, ist auf jeden Fall mit hydrodynamischen Gesetzen insofern unvereinbar, als dieses nicht in der ganzen Breite der Meerenge statt finden könnte, vielmehr würde das untere Wasser sich heben, das obere in seiner Bewegung verzögern und selbst mit letzterem überfliefsen, wodurch an dieser Stelle vermuthlich eine Erhöhung, wie bei Felsen in Flüssen, entstehn müfste. Soll also ein tieferer, nicht weiter als bis zur Felsenwand reichender Gegenstrom statt finden, durch welchen nach v. Hoff's Meinung das gesunkene Schiff nach Westen hin getrieben wurde, so dafs es zwei Lieues von der Stelle, wo es gesunken war, wieder zum Vorschein kam, so müfste dieses ein solcher seyn, welcher von der einen Seite her gegen die Felsenwand stiefse, dann umkehrte und an der andern Seite in entgegengesetzter Richtung zurückflösse. Es ist jedoch nicht wahrscheinlich und selbst kaum möglich, dafs ein solcher so tief, bis in die Mitte des Canals eindringen sollte. Wenn also jenes Ereignifs einmal nicht in Zweifel gezogen wird, wie v. Hoff keineswegs zu thun geneigt ist, wenn man ferner den gröfsern Salzgehalt des mittelländischen Meeres zugiebt, wogegen v. Hoff zwar einige Zweifel erhebt, der jedoch im Ganzen aus den Messungen vieler gewichtiger Zeugen mit gröfster Wahrscheinlichkeit hervorgeht[1] und daher

---

[1] Wollaston erhielt vom Capitain W. H. Smith drei Flaschen von den vielen, welche dieser für den unterdefs verstorbenen Dr. Marcet mit Seewasser des mittelländischen Meeres von verschiedenen Orten und aus ungleichen Tiefen gefüllt hatte. Die Analyse gab folgende Gröfsen.

No.	Breite	Länge	Tiefe	spec. Gew.	Salzmenge in 100 Th.
1	38° 30′	4° 30′ O.	450 Fad.	1,0294	4,05
2	37 30	1 0 —	400 —	1,0295	3,99
3	36 0	4 40 W.	600 —	1,1288	17,30
Gibraltar	36 7	5 22 W.			

auch allgemein angenommen wird[1], so kann man nicht wohl umhin, nach diesen verschiedenen übereinstimmenden Gründen auch in der Meerenge von Gibraltar einen dem obern entgegengesetzt fliefsenden Unterstrom anzunehmen. Dabei ist es jedoch keineswegs nothwendig, dafs dieser die ganze Breite der Meerenge einnehme und also auch da vorhanden sey, wo die Felswand am höchsten emporsteht, so wie v. Hoff darin gewifs Recht hat, wenn er aus der Langsamkeit der Bewegung des gesunkenen Schiffes folgert, dafs die Geschwindigkeit des Gegenstromes der des Oberstromes keineswegs gleich komme. Uebrigens geht die Strömung von der Meerenge bei Gibraltar aus an der ganzen Küste Africa's und Syriens bis nach Kleinasien fort, wo sie umkehrt und an der europäischen Küste eine entgegengesetzte Richtung erhält.

Es dürfte hier der gelegene Ort seyn, noch einmal auf den angenommenen, bereits oben (§. 3.) erörterten, niedrigern Stand des mittelländischen Meeres zurückzukommen. Dafs das Niveau des Wassers in der Spitze des arabischen Meerbusens bei Suez im Mittel gegen 27 Fufs höher sey, als bei Alexan-

---

Hieraus folgert Wollaston, dafs nothwendig ein Unterstrom vorhanden seyn müsse, um das sehr salzhaltige Wasser dem Ocean wieder zuzuführen, und dafs dieser auch durch das grofse Gewicht des Wassers 50 engl. Meilen von der Meerenge entfernt nothwendig bedingt werde. Allein man darf mit Sicherheit annehmen, dafs wegen der steten Bewegung des Meeres und aus vielen sonstigen Gründen das Seewasser ein solches spec. Gewicht, als hier in der Probe No. 3 gefunden worden seyn soll, gar nicht haben kann, vielmehr mufs wohl nothwendig eine Verwechselung mit den Flaschen vorgegangen seyn, die wegen des erfolgten Todes von Marcet nicht sehr geachtet wurden, oder man müfste annehmen, dafs dieses Wasser zufällig über einem Salzstocke geschöpft sey. Kurz das hier erhaltene Resultat ist auf jeden Fall nicht beweisend. S. Phil. Trans. 1829. p. 29. Poggendorff Ann. Th. XVI. S. 622.

1 V. Hoff sucht dieses Argument dadurch zu entkräften, dafs überhaupt die Ursache dieses verschiedenen Salzgehaltes des Seewassers noch nicht bestimmt aufgefunden worden sey. Dieser Einwurf ist indefs nur scheinbar; denn der hierüber noch herrschenden Ungewifsheit ungeachtet ist doch ausgemacht, dafs das mittelländische Meer, welches mehr Wasser aus dem Oceane erhält, als es ihm zuführt, salzhaltiger gefunden wird, die Ostsee dagegen und das schwarze Meer, welche beide mehr Wasser abgeben, als sie aus dem Oceane erhalten, salzärmer.

drien, muſs wohl als richtig angenommen werden. Dennoch stehn der hieraus abzuleitenden Folgerung von einem tiefern Stande des mittelländischen Meeres gegen den des atlantischen Oceans gewichtige Argumente entgegen. Aus der groſsen Triangulirung von Dünkirchen bis Barcelona geht nur ein Unterschied des Niveau's von einem Bruchtheile eines Meters hervor, die sehr ausgedehnten Messungen, die unter Delcros's Leitung ausgeführt wurden, liegen noch im Manuscript, eine dritte Messung aber, welche Carabeuf in Verbindung mit den Ingenieurs-Geographen Peytier, Hossard und Testu vermittelst Gambey'scher Repetitionskreise von St. Jean de Luz bis Perpignan in den Jahren 1825 bis 1827 beendigt hat, wobei von dem Crabère in den Pyrenäen aus nördlich nach dem atlantischen Ocean und südlich nach dem mittelländischen Meere hin nivellirt wurde, geben nur 0,73 Meter Höhe des erstern Niveau's über das letztere [1]. Das mittelländische Meer kann sonach unmöglich beträchtlich tiefer liegen, als der atlantische Ocean. Sollen diesemnach die hier hervorgehenden und bereits oben (§. 3.) bemerkten Widersprüche ausgeglichen werden, so muſs man annehmen, daſs zwar ein gleich hohes Niveau aller mit einander verbundener Meere aus hydrostatischen Gesetzen theoretisch folgt, jedoch nur für den Zustand der Ruhe und gleichmäſsigen Dichtigkeit des Wassers. Sobald aber Bewegung statt findet, wird auch dieses Gleichgewicht, ebenso wie bei Flüssen, aufgehoben. Hiernach könnte das Meer durch die allgemeine Westströmung im arabischen Meerbusen bis zu vielen und auch im mexicanischen bis zu einigen Fuſs in die Höhe getrieben werden. Dieser Gesichtspunct ist aber neu und bedarf noch zu vieler schwierigen Untersuchungen, als daſs hier mehr als eine bloſse Andeutung der Sache gestattet würde.

88) Die Ostsee ist im Ganzen, vorzüglich im Herbst, ein unruhiges Meer, dessen Wasserstand sich sogar oft merklich ändert [2] und worin es eine Menge Strömungen giebt, woran fast der gröſste Theil der gesammten Wassermasse Theil nimmt, wie unter andern aus den Ueberschwemmungen der

---

1 S. Arago in Edinburgh New Phil. Journ. N. XLI. p. 50.

2 S. Schulten in Kongl. Svenska Vet. Acad. Nya Handl. 1806. p. 7. Daraus in G. XXXVI. 314.

Newa bei Petersburg hervorzugehn scheint. Am bekanntesten ist aber die Strömung im Sunde, eine nördliche, die da, wo sie am stärksten ist, nach Schulten's Messung 4 Knoten oder eine Seemeile in der Stunde beträgt. Auch hier hat man aus ähnlichen Gründen, als welche für das mittelländische Meer geltend gemacht werden, einen Unterstrom angenommen und Patton[1] hat dessen Existenz durch Versuche mit dem Senkblei aufgefunden. Das schwarze Meer hat in dem einzigen Canale, der es mit dem mittelländischen Meere und dadurch mittelbar mit dem Oceane in Verbindung setzt, eine starke südliche Strömung, die durch das Meer von Marmora und die Dardanellen fortgeht. Auch hier, in der Meerenge des thracischen Bosporus, will Marsigli[2] einen Unterstrom aufgefunden haben, was man keineswegs unwahrscheinlich nennen darf, da die Hauptbedingung, nämlich ein gröſseres specifisches Gewicht des Wassers, wohin die Oberströme flieſsen, allerdings vorhanden ist. Auſserdem aber müſste wohl der Salzgehalt des schwarzen Meeres stärker abnehmen, da die Strömung aus demselben bei Constantinopel so stark ist, daſs an einigen Stellen Menschen am Ufer die Boote und Schaluppen ziehen, weil Ruder zu ihrem Fortkommen nicht genügen[3].

89) Wenn das bewegte Meer oder ein Seestrom an einer Felsenküste gebrochen und abgelenkt, das so zurückgeworfene Wasser aber durch eine abermalige Strömung wieder zurückgedrängt wird, so entstehn *Meeresstrudel*. Das Wasser nimmt eine umkreisende Bewegung an, deren Richtung in Folge des durch die Ebbe und Fluth bedingten Ab- und Zuflusses gleichfalls periodisch zu wechseln pflegt. Unter den vielen sind der Strudel an der norwegischen Küste und die in der Gegend von Messina am bekanntesten. Der *Mahlstrom* oder *Moskestrom* hat seinen Namen von einer dortigen Klippe, Moske genannt. Die Breite des Strudels beträgt zwei, seine Länge etwa vier Meilen und die Strömung dauert ungefähr 12 Stunden von Norden nach Süden und ebenso lange in entgegengesetzter Richtung, so daſs die wechselnde Fluth sich augenfällig als Ursache hiervon ankündigt; seine Wirbel sind

1 Edinburgh Philos. Journ. N. VIII. p. 245.
2 Histoire physique de la mer. Amst. 1725. fol.
3 Ali Bey Reisen. Weim. 1816. S. 457.

zuweilen bedeutend hoch, betragen jedoch vom obersten Kamme bis zur untersten Tiefe nie mehr als 10 bis höchstens 11 Fuſs und sind daher nur für kleinere Schiffe gefährlich. Auch bei der Insel Bornholm ist ein Strudel, *Maltquörn* (Mahlmühle) genannt, aber ungleich kleiner als der Moskestrom[1].

90) *Scylla* und *Charybdis*, die beiden berühmten Strudel an der italienischen Küste, waren bei den Alten sehr gefürchtet und Homer, Virgil, Lucrez, Ovid, Aristoteles, Sallust, Seneca, Strabo, Plinius, Mela und andere schildern sie als höchst gefährlich. Hiernach müſste die Meerenge jetzt erweitert und ein Theil der Felsen weggespült seyn, oder die bedeutend vervollkommnete Schifffahrt macht sie jetzt minder bedeutend. Letzteres ist sehr wahrscheinlich, denn die Beschreibung der Oertlichkeiten bei den Alten paſst noch im Ganzen genau auf die gegenwärtige Beschaffenheit. Beide liegen zwischen Calabrien und Sicilien, wo sich ein regelmäſsiger ruhiger Strom längst der Küste findet, welcher abwechselnd nach Süden oder nach Norden flieſst. Wird er durch Windstöſse gestört, so entstehn durch die Ungleichheit der Meeresufer, durch hervorspringende Klippen und Höhlungen die Strudel, unter denen die Scylla am gefährlichsten ist. Ein längst der nördlichen Küste Siciliens hinflieſsender Strom begegnet einem andern an der Küste Italiens herabflieſsenden, und wenn diese beide heftig bewegt gegen einander stoſsen, so vermögen selbst gröſsere Schiffe nicht ihren Lauf inne zu halten und kommen in Gefahr, an den Küsten zertrümmert zu werden, insbesondere wenn die Gewalt der Strömung durch Winde vermehrt wird, welche an der Küste Italiens herabwehn. Scylla selbst bildet einen steilen, mäſsig hohen, mit vielen Höhlungen versehenen Felsen, in welche die brandenden Wellen hineingetrieben werden und dadurch ein auf zwei ital. Meilen hörbares Geheule, dem von den Alten angegebenen Bellen von Hunden nicht unähnlich, verursachen. Die Strömung ist dort stets bedeutend, wird aber durch Winde noch ausnehmend verstärkt, und die Schiffe würden unfehlbar gegen die Felsen der Scylla getrieben oder auf die gegenüber liegenden Sandbänke geworfen werden, wenn nicht 24 Lotsen, welche die Strömung und das Fahrwasser sehr genau kennen, sie mit bewundernswürdiger Geschicklichkeit durchbrächten.

---

1 Catteau de Calleville Gemälde der Ostsee. S. 121.

Die Charybdis liegt neun ital. Meilen unterwärts bei Messina. Die dortigen Schlünde unter dem Wasser sind Folgen der Strudel, nicht Ursache derselben, denn sonst müfsten diese ohne Unterbrechung statt finden. Ein Theil des durch den Canal getriebenen Wassers strömt gegen den Felsen, auf welchem der Leuchtthurm Calofaro erbaut ist; ihnen begegnen andere Strömungen, wodurch das Wasser in eine Art von Brandung versetzt wird, und diese Wellenbewegung treibt schwimmende Gegenstände nach aufsen. In Zeiten des ruhigen Meeres kann die Stelle mit kleinen Booten befahren werden und Spallanzani[1] fand sie nur 500 Fufs tief; wenn aber der Sirocco oder Südostwind weht, so werden die Schiffe vom Strome in den Strudel hineingerissen und von den Wellen zerschlagen oder gegen die Felsen geworfen, wenn nicht die der Sache kundigen Lotsen zu ihrer Rettung bereit sind; Anker, Segel und Steuerruder helfen in der Nähe der Scylla und Charybdis selbst dem erfahrensten Seemanne nicht und die festesten Kriegsschiffe müssen bei stürmischer See diese Gegenden meiden[2].

M.

Meile.

Milliare; Mille; *Mile.*

Das Wort Meile, wodurch man ein gewisses Längenmafs, zunächst zur Bestimmung der Entfernungen auf der Oberfläche der Erde, versteht, kommt aus dem Lateinischen (von *mille*) her, indem man von Rom aus die Entfernungen der Orte nach Tausenden von Schritten (*millia passuum*) bestimmte und auf den Hauptstrafsen in diesen Distanzen Meilensteine (*ad tertium, quartum* etc. *lapidem*) setzte. Der Schritt (*passus*) betrug fünf römische Fufs[3], das Milliare oder die Meile 1000 solcher Schritte oder 8 römische Stadien, jedes von 125 Schritten, und 20 solcher Meilen rechnete man für eine Tagereise. Nach der oben[4] angegebenen Vergleichung beträgt die römi-

1 Reisen. Th. IV. S. 147.
2 G. V. 98.
3 Columella de Re rust. L. V. c. 1.
4 S. Art. *Mafs*. S. 1249.

sche Meile 1477,78 Meter, den römischen Fuſs zu 0,2959 Meter oder 113,14 par. Lin. angenommen.

Die übrigen Völker haben verschiedene Gröſsen zur Bestimmung der Entfernungen angenommen. Eine der bekanntesten ist die deutsche Meile, deren Länge anfangs so viel betragen zu haben scheint, als ein gewöhnlicher Fuſsgänger in zwei Stunden zurücklegt[1]. Später verfiel man auf die zweckmäſsige Idee, einen aliquoten Theil eines Grades im Aequator als das Maſs einer Meile anzunehmen. In England nahm man den sechzigsten Theil eines Grades oder den Bogen einer Minute als das Maſs der Meile an, und hiernach rechnete auch Newton[2], bis sich aus Picard's Gradmessung ergab, daſs solcher Meilen 69 auf einen Grad gehn, die man in England auch seitdem beibehalten hat. Sie ist so ziemlich die kleinste und wenig von der römischen verschieden. Die italienische Meile wurde genau so groſs als der 60ste Theil eines Grades angenommen und in neuern Zeiten so beibehalten. Die französischen Schiffer fanden es bequem, eine Meile von drei Bogenminuten Länge anzunehmen, deren also 20 auf einen Grad gehn; sie ist die in Frankreich und auch in England gebräuchliche Seemeile. Die eigentliche französische Meile, die *Leuca gallica*, jetzt *Lieue*, wurde so festgesetzt, daſs 25 auf einen Grad im Aequator gehn; ihre genaue Gröſse kann daher nur aus der Normalbestimmung, nämlich der eines Grades im Aequator, entnommen werden. Die allgemein so genannte deutsche oder geographische Meile, so genannt, weil die niederländischen Seefahrer und Geographen sich ihrer bei der Verzeichnung der Charten und bei geographischen Bestimmungen bedienten, ist so groſs, daſs ihrer 15 auf einen Grad im Aequator gehn oder ihr ein Bogen von 4 Minuten zugehört. Sie wird auch bei astronomischen Bestimmungen gebraucht. Von ihr weichen die in den einzelnen deutschen Staaten üblichen Meilen sehr ab, deren einige ziemlich genau, jedoch nur so weit bestimmt sind, als man früher überhaupt zuverlässige Maſsbestimmungen hatte. So sollte die sächsische Meile nach der Bestimmung des Churfürsten August im Jahre

1 Kepleri Tab. Rudolph. Cap. 16.

2 Pemberton View of Sir Is. Newton's philosophy. Lond. 1728. 4. Praef.

1560 genau 12000 Dresdner Ellen halten, sie war aber von der Polizeimeile, die sich auf den Bereich hauptsächlich des Verkaufes von Bier im Umfange der berechtigten Städte bezog, verschieden.

Neuerdings sind die Meilen zum Behuf der Poststationen mehrfach kürzer angenommen worden und es ist nicht eben leicht, genau ihre wahre Länge auszumitteln. Inzwischen ist dieses in Beziehung auf physikalische Aufgaben von minderer Wichtigkeit und es genügt vielmehr, die Hauptbestimmungen zur Vergleichung angegebener Entfernungen in genähertem Werthe zu kennen, welches durch die folgende tabellarische Uebersicht erreicht wird. Hierbei liegt die neueste genauere Bestimmung eines Grades im Aequator zu 57106,442 Toisen zum Grunde, wonach die geographische oder deutsche Meile 3807,09 Toisen oder 22842,54 par. Fuſs = 23642,1 rheinl. Fuſs beträgt[1].

---

1 Vergl. neueste Geld-, Münz-, Maſs- und Gewichts-Kunde. Nürnb. 1819. S. 125. Joh. Tob. Mayer prakt. Geometrie. Th. IV.

Namen der Meilen	sollen halten	werden gerechnet auf einen Grad	enthalten in pariser Fuſs
Arabische	— — —	56,67	6045,7
Baiersche kleine . .	— — —	14,15	24212,7
— — groſse . .	— — —	8,69	39425,8
Chinesische neue Li	— — —	193,40	1771,5
Braunschweigische .	2811,2 rheinl. Ruthen . . .	10,52	32569,4
Dänische	12000 dän. Ellen	14,79	23165,0
Französische Lieue .	— — —	25,00	13704,4
— — Seemeilen	— — —	20,00	17130,5
Groſsbritannische neue	1760 Yards . .	69,12	4956,6
— — Seemeilen	— — —	60,00	5710,1
— — League .	— — —	20,00	17130,5
Hannöversche . . .	32000 Calenb. Fuſs	11,89	28800,0
Holländische . . .	— — —	19,00	18032,1
Italienische	1000 geogr. Schritte	60,00	5710,1
Jüdische alte . . .	2000 bibl. Ellen	100,80	3398,9
Niederländische Stunde	— — —	19,67	17117,8
NiederländischeSeemeile	— — —	20,00	17130,5
Nürnberger	— — —	13,10	26153,5
Oesterreichische . .	— — —	7,48	45003,5
Persische	— — —	22,50	15227,1
Polnische	— — —	20,00	17130,5
Portugiesische . . .	— — —	18,00	19034,0
Preuſsische	2000 Ruthen .	14,78	23113,0
Russische Werst . .	1500 Arschinen	104,30	3284,8
Sächsische gemeine .	12000 Dresdn. Ellen	16,21	20907,8
— — Polizeimeile	16000 — —	12,29	27877,1
Schottländische . .	1147 Toisen . .	49,80	6882,0
Schwäbische . . .	— — —	12,00	28550,8
Schwedische . . .	18000 Ellen . .	10,41	32911,6
Schweizerische . .	— — —	13,30	25760,2
Spanische . . . ,	5000 Veras . .	26,63	12882,0
Türkische Berri . .	— — —	66,67	5138,9
— — Seemeile .	— — —	86,40	3965,4
Ungarische	— — —	13,30	25760,2

M.

Mercur.

Mercurius; Mercure; *Mercury*.

Der Name desjenigen Hauptplaneten, welcher der Sonne am nächsten ist. Da er seine Bahn innerhalb der Erdbahn und in so geringer Entfernung von der Sonne durchläuft, so kann seine scheinbare Entfernung von der Sonne immer nur gering seyn; er erscheint daher bald am Abendhimmel nach Sonnen-Untergang, bald am Morgenhimmel vor Sonnen-Aufgang, und kann bei seiner untern Conjunction mit der Sonne bei dieser vorbeigehn[1]. Wenn man ihn mit Fernröhren beobachtet, so sieht man, daſs er kurz vor und kurz nach seiner obern Conjunction mit der Sonne ganz erleuchtet erscheint, daſs sein erleuchteter Theil dagegen nur zur Hälfte uns zugewandt ist um die Zeit der gröſsten scheinbaren Entfernung von der Sonne und daſs er uns ganz unsichtbar wird oder uns ganz seine unerleuchtete Seite zuwendet zur Zeit seiner untern Conjunction. Er hat ein sehr glänzendes weiſses Licht, ist aber, weil er immer nur kurze Zeit in der Dämmerung sichtbar bleibt, doch selten gut mit bloſsem Auge zu sehn.

Um die Bestimmung seiner Bahn hat von Lindenau sich die gröſsten Verdienste erworben. Man hat früher fast ganz allein auf die Durchgänge durch die Sonne die Berechnung seiner Bahn gegründet, und es lieſs sich daher wohl voraussehn, daſs die Berücksichtigung andrer Beobachtungen, entfernt von den Knoten der Bahn angestellt, noch genauere Bestimmungen geben müſste. Die Elemente der Bahn, auf die jetzige Zeit reducirt, sind folgende.

Halbe groſse Axe = 0,3870938 = 8000000 Meilen.
Excentricität[2] = 0,2056175 = 1645000 Meilen.
Siderische Umlaufszeit = 87 Tage 23 St. 15′ 44″.
Neigung der Bahn = 7° 0′ 14″.
Länge des aufst. Knoten = 46° 18′ 55″.
Länge des Perihelii = 44° 48′ 48″.

---

1 S. Art. *Durchgang* der Planeten durch die Sonne. Bd. II. S. 683.

2 Pontécoulant und Schubert haben 0,20551494 für 1801, bedeutend von v. Lindenau abweichend.

Des Mercur gröfste Entfernung von der Sonne ist also 9645000 Meilen, die kleinste 6355000 Meilen. Er erscheint 11 Sec. im Durchmesser, wenn er der Erde am nächsten kommt, dagegen nur 4 Sec. im Durchmesser, wenn er sich am weitesten von ihr entfernt. Wegen seiner grofsen Excentricität erreicht er sehr ungleiche scheinbare Entfernungen von der Sonne, bei seiner gröfsten Elongation nur ungefähr 18°, wenn er der Sonne am nächsten zur gröfsten Ausweichung gelangt, beinahe 28° im entgegengesetzten Falle.

Sein scheinbarer Glanz hängt theils von seiner Entfernung von der Sonne, theils von seiner Entfernung von der Erde, vorzüglich aber von der Gröfse seines uns zugekehrten erleuchteten Theiles ab, sein Glanz ist daher bei ähnlichen Stellungen gegen die Sonne doch bedeutend ungleich, weil er seine gleichen scheinbaren Abstände von der Sonne bei sehr ungleichen wahren Entfernungen von derselben erreicht. Sein gröfster Glanz tritt allemal ein, wenn er noch ein wenig von seiner gröfsten Elongation entfernt ist und uns noch einen gröfsern Theil seiner erleuchteten Seite zuwendet; aber da er in der Sonnenferne fast $1\frac{1}{2}$mal so weit von der Sonne entfernt ist, als in der Sonnennähe, so ist seine Erleuchtung fast $2\frac{1}{4}$mal so grofs bei der letzten Stellung, als bei der erstern, und er erscheint uns daher bei den Umläufen am glänzendsten, wo seine gröfste Elongation beinahe ihren kleinsten Werth hat. Da aber dann die Dämmerung uns nicht gestattet, ihn so gut wahrzunehmen, so hat die Untersuchung über die Zeit seines gröfsten Glanzes für den, der ihn Abends aufsuchen will, wenig Interesse[1].

Der Durchmesser des Mercur ist nur 600 Meilen, also nur etwa über $\frac{1}{4}$ des Erddurchmessers. Seine Masse giebt man nach sehr unsichern Bestimmungen $= \frac{1}{2025810}$ der Sonnenmasse an; von Lindenau's Berechnungen der Störungen der Venus schienen aber auf eine gröfsere Masse zu deuten[2], so dafs seine Dichtigkeit, die nach jenen Angaben schon beinahe die 4fache der Dichtigkeit der Erde seyn müfste, noch gröfser anzusetzen wäre[3].

---

1 Wurm hat Berechnungen hierüber angestellt. Astr. Jahrb. 1797. 139.

2 V. Lindenau tabulae Veneris. p. 20.

3 Die angegebene Masse ist nach der Voraussetzung, dafs die

Ueber die natürliche Beschaffenheit des Mercur wissen wir sehr wenig und SCHRÖTER's Beobachtungen sind die einzigen, die einigen Aufschlufs darüber geben. Er machte zuerst die Bemerkung, dafs das Licht oft gegen die Lichtgrenze hin so bedeutend abnehmend erschien, dafs man den erleuchteten Theil nicht so breit fand, als die Berechnung der Phase es forderte; diese Beobachtung glaubte er aus einer bedeutenden Dichtigkeit der Atmosphäre des Planeten erklären zu können, die uns den festen Körper selbst verdecke und sich uns da am glänzendsten zeige, wo die Gesichtslinie am weitesten durch sie fortgeht und wo die Sonnenstrahlen die Atmosphäre am meisten senkrecht, also ungeschwächt treffen. Die später beobachtete periodisch statt findende stärkere Abstumpfung des einen Hornes, zu der Zeit, als Mercur mondförmig erschien, deutete auf eine Umdrehungszeit von ungefähr 24 Stunden, und die Beobachtung eines deutlich kenntlichen Streifens auf der Oberfläche des Mercur ergab 24 St. 1 Min. als Rotationszeit. Seine Axe ist ungefähr 70 Grad gegen die Bahn geneigt. Jene Streifen, die oft schnell entstehn und wieder verschwinden, scheinen atmosphärisch zu seyn, und damit stimmt auch das überein, dafs sie ihre Lage nicht gleichmäfsig behalten, sondern von dem, was als Mittel aus den Beobachtungen die wahre Umdrehungsperiode heifsen kann, abweichend in etwas ungleichen Zeiten zu gleicher Lage zurückkehrten. Jene abgestumpfte Gestalt der Hornspitzen sieht SCHRÖTER als durch den Schatten hoher Berge hervorgebracht an und glaubt diesen Gebirgen eine Höhe von 2¼ Meilen beilegen zu dürfen. Aber nicht blofs in der Nähe der Pole, wo die Hörnerspitzen solche Beschattungen verriethen, scheinen hohe Berge zu seyn, sondern ähnliche Gebirge vermuthet SCHRÖTER auch um den Aequator, wo zuweilen die Lichtgrenze eine Einbeugung zeigte, so als ob lange Gebirgsschatten einen Theil derjenigen Oberfläche bedeckten, die eigentlich noch im Sonnenlichte liegen sollte[1].

Dichtigkeiten den Abständen von der Sonne umgekehrt proportional sind, aber unter Voraussetzung eines gröfsern Volumens, als das aus spätern Beobachtungen gefundene, berechnet. LA PLACE Expos. du syst. du monde. Liv. I. chap. 5. Liv. IV. chap. 3.

1 SCHRÖTER's hermographische Fragmente zur genauern Kenntnifs des Planeten Mercur. Göttingen 1816.

Das Zeichen dieses Planeten ist ☿. Unter den Tafeln zur Berechnung seines Laufes sind diejenigen die besten, die sich in v. LINDENAU's *investigatio nova orbitae a Mercurio circa solem descriptae* etc. (Gothae 1813) befinden, welche nach den berichtigten Elementen und nach LA PLACE's Formeln berechnet sind.

B.

Meridian.

Meridianus; Méridien; *Meridian;* ist die Fläche desjenigen gröfsten Kreises des Himmels oder auch der Erde, der durch die beiden Weltpole und durch den Punct geht, welchen der Beobachter auf der Oberfläche der Erde einnimmt. Oft versteht man auch unter dieser Benennung nur die Peripherie des Kreises, in welchem jene Fläche die Sphäre der Erde oder des Himmels schneidet. Der himmlische und irdische Meridian sind also concentrische Kreise, die in einer und derselben Ebene liegen und deren Mittelpunct zugleich der der Erde ist. Der irdische Meridian geht durch den Beobachter und seinen Antipoden; der himmlische Meridian geht durch das Zenith und Nadir des Beobachters.

Nimmt man, mit den Alten, die Erde als feststehend an, so ist auch der Meridian als eine feste Ebene zu betrachten und der Himmel bewegt sich täglich von Ost nach West, bis alle seine Theile durch diesen festen Meridian gegangen sind, wo der Tag anfängt oder endet, wenn ebenderjenige Abweichungskreis [1], den eben die Sonne einnimmt, durch den Meridian geht.

Nimmt man aber, nach den Neueren, den Himmel als fest und die Erde als beweglich an, so ist auch der Meridian beweglich und derselbe geht während des Laufes eines Tages von West nach Ost durch alle Theile des unbeweglichen Himmels, wo dann wieder der Tag anfängt oder endet, wenn dieser bewegliche Meridian eben durch denjenigen Punct des Himmels geht, in welchem die Sonne ist.

Unter beiden Voraussetzungen sieht man, dafs der Meridian durch den *Beobachter* bestimmt wird. Jeder Beobachter

---

1 S. *Abweichung*. Bd. I. S. 128.

hat *seinen* Meridian und behält denselben so lange, als er sich von dem Puncte der Erdoberfläche, den er eben einnimmt, nicht nach Ost oder nach West bewegt. In nördlicher oder südlicher Richtung aber kann er sich, und zwar um die gange Erde, bewegen, ohne dadurch seinen frühern Meridian zu ändern, weil er sich auf diese Weise zugleich in der Ebene seines Meridians bewegt.

Aus dem Vorhergehenden folgt, dafs der Meridian des Beobachters, da er durch das Zenith desselben geht, auch zugleich auf dem Horizont desselben senkrecht stehn mufs. Wenn daher der Declinationskreis eines Gestirns während der täglichen Bewegung dieses Gestirns durch das Zenith des Beobachters geht, so fällt der Declinationskreis desselben mit dem Meridian des Beobachters zusammen, weil der Declinationskreis, so wie der Meridian, stets durch die beiden Weltpole geht, die zugleich die Pole des Aequators sind, und daher auch immer senkrecht auf dem Aequator steht. Der Meridian steht also zugleich auf dem Horizonte und auf dem Aequator senkrecht.

Wenn daher die Gestirne des Himmels, in ihrer täglichen Bewegung, durch den Meridian gehn, so haben sie, in diesem Augenblicke, ihre *gröfste* oder ihre *kleinste Höhe* in Beziehung auf den Horizont des Beobachters. Diese kleinste Höhe kann selbst unter dem Horizonte statt haben und dann ist sie als eine negative Höhe oder als eine Vertiefung, und zwar hier als die gröfste Vertiefung unter dem Horizonte, zu betrachten. Man nennt diese beiden Augenblicke die *Culminationen* des Gestirns und zwar die *obere* Culmination, wenn dieser Durchgang des Gestirns, durch den Meridian in derjenigen Hälfte des Meridians zwischen den beiden Polen statt hat, in welcher das Zenith des Beobachters liegt, und die *untere* Culmination hat in der andern Hälfte des Meridians statt, in welcher das Nadir des Beobachters liegt. Diese letzte oder untere Culmination kann auch für den Beobachter unsichtbar seyn, wenn nämlich dieser Durchgang unter seinem Horizonte statt hat, wie dieses in unsern Gegenden für die Sonne der Fall ist. Wenn die Sonne in ihrer obern Culmination, also am höchsten über dem Horizonte ist, so ist es *Mittag*, in dem Augenblicke aber, wo sie in ihrer untern Culmination ist oder wo sie durch den untern unsichtbaren Theil des Meridians eines

Beobachters geht, ist es eben *Mitternacht* für diesen und für alle andere Beobachter, die mit ihm in demselben Meridiane liegen.

Der Meridian theilt die ganze Sphäre des Himmels in zwei gleiche Theile, in die *östliche* und *westliche Hemisphäre;* in jener gehn die Gestirne auf und in dieser gehn sie unter. Der Durchschnitt der Ebene des Meridians mit dem Horizonte des Beobachters heifst die *Mittagslinie.* Derjenige Endpunct dieser Linie, der auf der Seite liegt, wo die Gestirne für uns ihre gröfste Höhe erreichen, heifst *Süd* oder *Mittag* (*Meridies; Midi*) und die entgegengesetzte *Nord* oder *Mitternacht* (*Septentrio*; *Minuit*). Die in der Mitte zwischen Süd und Nord liegenden Puncte des Horizonts heifsen der *Morgenpunct* oder *Ost* (*Oriens*, *Orient*, *Levant* oder *Est*) und der *Abendpunct* oder *West* (*Occidens*, *Occident*, *Couchant* oder *Ouest*). Jener liegt auf derjenigen Seite der Mittagslinie, wo die Gestirne aufgehn, und dieser auf der entgegengesetzten Seite, wo sie untergehn. Der Ost- und Westpunct bilden demnach die beiden Pole des Meridians.

Nach dem Vorhergehenden ist also der *irdische Meridian* (*Méridien terrestre*) eines Beobachters derjenige gröfste Kreis der Erdoberfläche, der durch die beiden Pole und durch den Beobachter geht. Man pflegt ihn in der mathematischen Geographie auch den *Breitenkreis* des Beobachters zu nennen, weil durch ihn die *geographische Breite*, das heifst, die Entfernung des Beobachters von dem irdischen Aequator bestimmt wird. Alle Bewohner derselben Hälfte des Meridians zwischen den beiden Polen haben in demselben Augenblicke *Mittag*, so wie sie auch alle dieselbe *geographische Länge* haben; diejenigen aber, welche die andere Hälfte dieses Meridians bewohnen, haben Mitternacht, wenn jene Mittag haben, und umgedreht, und ihre geographische Länge ist von jener in der ersten Hälfte um 180 Grade verschieden. Aus diesem Grunde sagt man, dafs die astronomischen Tafeln, die z. B. für die Zeit von Paris oder von Greenwich berechnet worden sind, für den Meridian von Paris oder von Greenwich verfafst seyen, weil diese Tafeln von allen denjenigen, die in demselben Meridiane von Paris oder Greenwich wohnen, ohne Aenderung der Zeit gebraucht werden können. In der mathematischen Geographie nimmt man irgend einen dieser irdischen Meridiane für den ersten an und zählt dann die geographischen Längen

der Orte der Erde von diesem ersten Meridiane in der Richtung von West gen Ost, am besten bis 360 Grade oder bis 24 Stunden. Die ältern Geographen zählen von diesem ersten Meridiane die Länge zu beiden Seiten nur bis 180 Grade oder 12 Stunden, wobei sie gezwungen sind, östliche und westliche Längen zu unterscheiden. So hat Rio Janeiro eine geographische Länge von Paris, die gleich 315 Graden oder 21 Stunden ist, oder, nach der ältern Art sich auszudrücken, die Länge von Rio ist 45° oder 3^h *westlich* von Paris. Uebrigens sind die Geographen noch immer nicht über die Wahl dieses ersten Meridians übereingekommen. Die Deutschen legen ihn gewöhnlich durch Ferro, eine der canarischen Inseln, doch so, daſs dadurch die Länge der Sternwarte in Paris gleich 20 Graden oder 1^h 20′ östlich werde. So hat Wien die östliche Länge von Paris 0^h 56′ 10″, also von Ferro 2^h 16′ 10″, oder, in Bogen ausgedrückt, ist die östliche Länge Wiens von Paris 14° 2′ 30″, also auch von Ferro 34° 2′ 30″. Die französischen Geographen aber legen ihren ersten Meridian durch Paris, die Engländer durch Greenwich, die Spanier durch Madrid u. s. f. Durch diesen Mangel an Vereinigung ist eine oft sehr unangenehme Verschiedenheit unserer Charten entstanden, die sich aber, wie es scheint, ebensowenig entfernen läſst, als alle die andern Unschicklichkeiten, die bloſs von der freien Wahl eines jeden abhängen, wohin z. B. vorzüglich die Einführung des Decimalsystems in der wissenschaftlichen Welt sowohl als auch in dem gewöhnlichen geselligen Verkehre der Menschen gehört.

Eine noch gröſsere Störung, besonders für Seefahrer, verursachte die obige Bemerkung, daſs zwei Menschen, welche die entgegengesetzten Hälften desselben Meridians bewohnen, z. B. zwei Antipoden, in ihrer Zeit immer um 12 ganze Stunden verschieden sind, so daſs also z. B. der eine Mittag zählt, wenn der andere eben Mitternacht hat, und umgekehrt. Da man nun beinahe an allen Orten der Erde den Tag mit der Mitternacht anzufangen pflegt, so läſst sich nicht mit Bestimmtheit festsetzen, welchen Wochentag unsere Antipoden zählen sollen, wenn wir eben Sonntag, Montag u. s. f. haben. Wenn wir z. B. in Wien eben Sonntag Mittag zählen, was zählen in demselben Augenblicke unsere Antipoden? Wenn wir mit einer nach der Wiener Zeit gestellten und gleichförmig fortge-

henden Uhr von Wien nach Ost zu den Antipoden reisen wollten, so würde unsere Uhr gegen die Ortszeit der Länder, die wir auf unserm Wege treffen, immer mehr *zurückbleiben*, je weiter wir gen Ost vordringen, und wenn wir endlich bei den Antipoden dieser Stadt ankommen, wird unsere Uhr, gegen die Zeit dieser Antipoden, um volle 12 Stunden zurück seyn, so dafs, wenn man in Wien eben Sonntag Mittag zählt, in demselben Augenblicke die Antipoden den Anfang ihres Montags haben würden. Umgekehrt aber, wenn wir von Wien gegen West zu den Antipoden reisen, so wird unsere Uhr immer vor den Uhren der andern Länder *voraus* gehn und endlich, wenn wir bei den Antipoden ankommen, volle 12 Stunden zu früh gehn. In diesem Falle also werden die Antipoden in dem Augenblicke, wo man in Wien eben Sonntag Mittag hat, die diesem Sonntag vorausgehende Mitternacht oder sie werden den Anfang ihres Sonntags haben. So kann es demnach sich ereignen, dafs z. B. von zwei einander sehr nahe liegenden Inseln, in der Nachbarschaft unserer Antipoden, die Bewohner der einen Insel einen vollen Tag mehr zählen, als die andern, dafs die einen bereits ihren Montag anfangen, die andern in demselben Augenblicke erst ihren Sonntag beginnen. Wenn nämlich eine dieser Inseln von Europäern bewohnt ist, die aus unserm Welttheile gegen West, also über America, auf jene Insel gekommen sind, so werden sie einen Tag weniger zählen, als die Bewohner der andern Insel, die durch von Ost oder über Asien hingekommene Europäer bevölkert worden ist. Wenn demnach ein Ort in der Nähe unserer Antipoden, in Beziehung auf Wien, die östliche Länge L hat, so hat er auch die westliche Länge 24 — L, wenn L in Stunden ausgedrückt wird, und jetzt wird alles darauf ankommen, ob man diese Länge für eine östliche oder aber für eine westliche halten will, was offenbar willkürlich ist. Nimmt man sie östlich an, so wird es zu der Zeit, wo es in Wien eben T Uhr ist, an jenem Orte (T + L) Uhr seyn; nimmt man aber diese Lage als westlich an, so wird man in demselben Augenblicke an jenem Orte $T - (24 - L) = T + L - 24^h$, also genau volle 24 Stunden weniger zählen, als zuvor. Es hat nicht an Vorschlägen gefehlt, dieser Inconvenienz zu begegnen, und erst in den neuesten Zeiten sind derselben wieder mehrere gemacht worden. Da aber, wie gesagt, dieser Unterschied

vom Zufall oder von der Willkür der Menschen abhängt, so werden alle diese Vorschläge so lange ohne Erfolg bleiben, als man nicht alle Menschen zu einer und derselben Ansicht vereinigen kann.

L.

Meridiankreis.

Ein astronomisches Instrument und zwar das vorzüglichste der neuern beobachtenden Astronomie. Man sieht dasselbe in der Zeichnung so abgebildet, wie man sie in Deutschland nach Reichenbach's Angaben zu verfertigen pflegt. Fig. 257. Auf den beiden Pfeilern P und Q sind bei A und B metallene Platten befestigt, die sich nach allen vier Seiten verschieben lassen. Auf den Einschnitten dieser Platten ruhn die beiden Enden der horizontalen Axe AB des Instruments. Durch den Würfel in der Mitte dieser Axe geht das Fernrohr CD und an dem einen Ende A der Axe sind zwei concentrische in einer auf diese Drehungsaxe AB senkrechten Lage angebrachte Kreise mn befestigt. Die Peripherien dieser zwei Kreise sind einander so nahe, dafs sie sich nur nicht eben berühren. Der gröfsere oder äufsere dieser Kreise ist an seinem mit Silber belegten Limbus in Grade und Minuten getheilt und dieser Kreis ist sogleich mit der Rotationsaxe AB durch mehrere starke Schrauben fest und unveränderlich verbunden, so dafs er sich, wie das Fernrohr, zugleich mit dieser Axe dreht. Der kleinere oder innere Kreis, der auch die Alhidade genannt wird, trägt mehrere einander paarweise gegenüberstehende Verniers, durch welche die Eintheilung des grofsen Kreises noch weiter untergetheilt wird, so dafs man, mit Hülfe dieser Verniers, unmittelbar zwei Secunden ablesen kann. Dieser zweite Kreis (die Alhidade) ist aber nicht an der Drehungsaxe fest, wie der grofse, sondern er ist mit dem Pfeiler P unveränderlich verbunden und er bleibt daher fest stehn, wenn der äufsere Kreis um den gemeinschaftlichen Mittelpunct beider Kreise gedreht wird. Zu diesem Zwecke ist die Oeffnung um den Mittelpunct der Alhidade etwas weniges gröfser, als das Ende A der Drehungsaxe, damit die letzte frei durch diese Oeffnung gehn kann. Die erwähnte Befestigung der Alhidade aber an den Pfeiler B wird durch eine ei-

gene starke metallene Vorrichtung ab bewirkt. Der Theil a dieser Vorrichtung ist ein starkes, in den Pfeiler fest eingelassenes Stahlstück und der Theil b ist eine solide Platte oder ein Arm von Messing, der an seinem obersten Theile bei d mit der Mitte der Alhidade durch starke Schrauben befestigt ist. Beide Theile sind bei c durch eine horizontale, feine Schraube mit einander in Verbindung gesetzt. Mittelst dieser Schraube kann man die ganze Alhidade etwas weniges um ihren Mittelpunct drehn, um ihr die gehörige Lage zu geben, die dann während der Beobachtungen unverändert dieselbe bleiben soll. Um sich von der Unveränderlichkeit dieser Lage zu versichern oder um von den kleinen Veränderungen, welchen sie ausgesetzt seyn mag, Rechnung zu tragen, wird an den Speichen dieser Alhidade, bei d, eine Libelle befestigt, welche jede Aenderung der Alhidade sogleich anzeigt, worauf man dann auch durch die erwähnte Schraube bei c diese Aenderung wieder verbessern kann.

Eine ähnliche Vorrichtung hat man auch an dem andern Pfeiler Q. Auch hier ist ein in diesen Pfeiler befestigtes Stahlstück a′ mit dem metallenen Arm b′. Dieser Arm endet oben mit einem starken Ringe, der die Rotationsaxe AB an ihrem Ende B frei umgiebt, so dafs diese Axe sich frei in diesem Ringe drehn kann. Allein durch die Mitte dieses Arms und längst der Richtung c′ d′ geht eine Stahlstange, deren unteres Ende bei c′ in einer verticalen Schraubenmutter läuft. Diese Stahlstange kann mittelst eines an ihrem untersten Ende bei c′ befindlichen Schraubenkopfs erhöht werden, so dafs dann ihr oberster breiter, in einen Halbmond auslaufender Theil bei d′ an die Rotationsaxe AB angedrückt wird, wodurch die freie Rotation dieser Axe AB aufgehoben werden kann.

Wenn man mit diesem Instrumente einen Stern beobachten will, so schraubt man zuerst diese Stahlstange abwärts, so dafs die Rotationsaxe frei wird, und bewegt dann diese Axe AB, also auch das damit fest verbundene Fernrohr und den äufsern Kreis so lange, bis der zu beobachtende Stern im Felde des Fernrohrs erscheint. Dann schraubt man die Stahlstange wieder aufwärts, so dafs ihr oberer Theil an die Axe drückt und durch seinen Druck alle weitere freie Bewegung der Axe oder des Fernrohrs hemmt. Allein auch in dieser ge-

schlossenen Lage des Instruments läſst sich doch die Axe AB, sammt dem Fernrohre und äuſsern Kreise, noch etwas weniges drehn, und zwar durch Hülfe einer feinen horizontalen Schraube a′f, und durch diese feine Drehung kann man es leicht dahin bringen, daſs das bereits durch die vorhergehende groſse und freie Drehung in das Feld des Fernrohrs gebrachte Gestirn nun auch genau auf den mittlern, horizontalen Faden zu stehn kommt, der in dem Brennpuncte des Fernrohrs ausgespannt ist. Wenn man auf diese Weise den erwähnten Faden genau auf den Stern gestellt hat, so liest man, in diesem Stande des Instruments, die Verniers des Kreises ab und erhält so die gesuchte Höhe des Sterns, wenn man anders schon denjenigen Punct des Kreises kennt, der dem Zenith des Beobachters entspricht.

Bei dieser Beschreibung des Meridiankreises sind mehrere kleine, aber nicht unwesentliche Vorrichtungen absichtlich übergangen worden, um den Vortrag durch Ueberladung nicht undeutlich zu machen. Wir wollen nun die vorzüglichsten derselben kurz nachholen.

Das Instrument soll so aufgestellt werden, daſs die horizontale Drehungsaxe AB genau von Ost nach West, also auch die auf diese Axe senkrechte Ebene der beiden Kreise, so wie die mit dieser Ebene parallele optische Axe des Fernrohrs genau in der Ebene des *Meridians* liegen, woher eben das Instrument seinen Namen hat.

Die Rotationsaxe ist ihrer Länge nach, so wie auch die beiden Pfeiler in derselben Richtung, durchbohrt, um dadurch, mittelst einer an der andern Seite des Pfeilers angebrachten Lampe, das Innere des Fernrohrs zu beleuchten und dadurch die erwähnten Fäden, bei nächtlichen Beobachtungen, sichtbar zu machen. Zu diesem Zwecke ist im Innern das Fernrohrs, jener durchbohrten Oeffnung gegenüber, ein metallener, elliptischer Ring von einiger Breite angebracht, der das Licht der Lampe auffängt und dasselbe in der Richtung der Länge des Fernrohrs auf jene Fäden reflectirt oder vielmehr dadurch das ganze Innere des Fernrohrs erleuchtet, so daſs man dann jene Fäden als dunkle gerade Linien auf dem hellen Felde des Fernrohrs sehn kann.

Da ferner ein kostbares Instrument dieser Art viele Jahre durch in immer gutem Zustande erhalten werden soll und da

vor allem zu besorgen ist, dafs die cylindrischen Enden der Axe A B durch das bedeutende Gewicht des Instruments abgerieben werden, wodurch diese Axenenden ihre gehörige Form und das Instrument selbst seine Brauchbarkeit verlieren würde, so ist durch Gegengewichte R, R′ und S dafür gesorgt, dafs das ganze Instrument in den beiden Puncten A und B nur mit einem sehr kleinen Theile seines Gewichtes in seinen beiden Metalllagern aufliege, wodurch daher die Reibung der Axenenden ungemein vermindert wird. Diese mit Blei angefüllten Gewichte sind nämlich mit der Rotationsaxe A B auf folgende Weise in Verbindung gesetzt. An der Seite B der Axe ist eine metallene Stange r angebracht, die von ihrem untern Ende in einen Ring ausläuft; die Oeffnung dieses Ringes ist bedeutend gröfser, als die Axe A B an diesem Orte und an dem innern Stande dieses Ringes, an dem untern Theile desselben sind bei p und q zwei kleine kreisförmige Scheiben oder sogenannte Frictionsräder angebracht, die sich um ihre horizontale Axe bewegen, mit ihrem obern Rande etwas über den innern Rand dieses Ringes hervorstehn und dadurch mit dem untern Theile der Axe B in unmittelbare Berührung kommen. Der oberste Theil dieser verticalen Stange aber hat eine kleine Oeffnung, in welche das eine Ende einer andern horizontalen Stange u eingreift, während das andere Ende derselben Stange u das erwähnte Gewicht R′ trägt, das sich an dieser Stange verschieben läfst. Diese Stange läfst sich um einen Stift u bewegen und dieser Stift wird von der auf dem Pfeiler Q aufgestellten Säule s getragen. Auf diese Weise bilden die beiden Stangen r und u einen Hebel, dessen Unterlage jener Stift u ist und der dort, wo sich beide Stangen begegnen, ein sogenanntes Knie hat. Bei diesem Hebel ist R′ das Gewicht, während die Last die ihm zugewendete Hälfte des Instruments ist, und man sieht leicht, dafs man dieses Gewicht R′ so lange von dem Unterstützungspuncte u entfernen kann, bis der von diesen beiden Körpern beschwerte Hebel sehr nahe im Gleichgewichte ist, so dafs das Instrument, welches früher mit seinem ganzen, grofsen Gewichte in seinem Lager bei B auflag, jetzt nur mit einem so geringen Drucke auf dasselbe wirken wird, dafs es nur eben nicht gleichsam frei in der Luft schwebt. Eine ähnliche Vorrichtung sieht man auch an dem andern Ende A der Rotations-

axe mit dem Gewichte R angebracht. Auf den erwähnten Frictionsrollen wird dann die Axe AB, wie auf den Rädern eines Wagens, mit Leichtigkeit hin und her gedreht werden können, ohne dafs man eine weitere Abnutzung der cylindrischen Enden dieser Axe zu besorgen hat. Ja selbst das Gewicht der beiden Kreise mn, welche auf dieser Axe in dem Puncte A aufliegen, wird durch ein eigenes Gegengewicht S auf eine ähnliche Weise aufgehoben. Da man übrigens das Instrument, wie wir bald sehn werden, öfter umwenden mufs, so dafs die Kreise mn bald auf der Ost-, bald auf der Westseite des Fernrohrs zu stehn kommen, so mufs jeder Pfeiler P und Q zwei Säulen, wie s und t, tragen, von welchen die eine s für die Axe und die andere t für die Kreise bestimmt ist.

Rectification des Meridiankreises.

Um an einem solchen Instrumente zu beobachten, mufs es zuerst in allen seinen Theilen gehörig rectificirt seyn. Zu diesem Zwecke bemerken wir zuvörderst, dafs in den Brennpuncten des Fernrohrs, senkrecht auf die optische Axe desselben, eine meistens ungerade Anzahl von senkrechten Fäden aufgestellt ist, von welchen der mittlere durch die optische Axe des Rohrs selbst gehn soll. Da das Instrument, wie gesagt, in der Ebene des Meridians aufgestellt wird, so dafs also die optische Axe des Fernrohrs, wenn dasselbe um die horizontale Axe AB bewegt wird, in der Ebene des Meridians auf- und abgeht, so werden diese Fäden selbst als ebenso viele Theile dieses Meridians zu betrachten seyn und die beobachtete Zeit des Durchgangs eines Sterns durch den mittlern Faden wird gleich der Zeit seines Durchgangs durch den Meridian selbst oder gleich der Zeit seiner Culmination seyn. Man wird also an diesem Instrumente, ganz so, wie an dem *Passageninstrumente*[1], die Rectascensionen der Gestirne bestimmen, wenn man die Zeit oder die Correction seiner Uhr bereits kennt, oder auch, man wird diese Correction der Uhr bestimmen, wenn man den Durchgang eines Fixsterns durch den Faden beobachtet, dessen Rectascension man bereits kennt.

---

1 S. *Passageninstrument*. Bd. VII. S. 296.

Nebst diesen verticalen Fäden ist aber noch ein anderer horizontaler oder auch mehrere parallele Fäden in derselben Ebene mit jenen ausgespannt, welche jene unter rechten Winkeln durchkreuzen und die daher die *Parallelkreise* derjenigen Gestirne vorstellen, welche eben durch diese Fäden gehn. Kennt man aber an dem Kreise m n denjenigen Punct, welcher dem Zenith des Beobachters oder auch dem Pole des Aequators entspricht, so wird man nur jene horizontalen Fäden auf das Gestirn, zur Zeit seiner Culmination, stellen dürfen, um dann sofort auch an diesem Kreise entweder die Zenithdistanz oder auch die Poldistanz dieses Gestirns ablesen zu können. Demnach giebt eine solche Beobachtung des Gestirns an dem verticalen und zugleich an dem horizontalen Faden die Rectascension sowohl als auch die Declination (oder die Höhe) dieses Gestirns, d. h. eine solche Beobachtung giebt eine *vollständige* Bestimmung der Lage des Gestirns an der Sphäre des Himmels, während das Passageninstrument nur die Rectascension desselben zu geben im Stande ist.

Dieses im Allgemeinen über den Gebrauch des Meridiankreises vorausgesetzt kehren wir nun wieder zu den erwähnten Fäden im Brennpunct des Fernrohrs zurück. Wenn die verticalen Fäden parallel und unter sich äquidistant sind, und wenn diese Distanzen jedes einzelnen Fadens von dem mittlern oder dem Meridianfaden bekannt sind, so ist es offenbar schon genug, den Durchgang des Sterns nur an einem dieser Fäden zu beobachten, um dadurch auch schon die Zeit seines Durchgangs durch den mittlern Faden oder die Zeit seiner Culmination zu erhalten. Allein um sich von Beobachtungsfehlern so viel als möglich unabhängig zu machen, wird man den Durchgang des Sterns an allen diesen verticalen Fäden beobten und dann aus den sämmtlichen Beobachtungen das Mittel nehmen. Gesetzt man hätte fünf solcher Fäden und die Distanz des 1., 2., 4. und 5. Fadens von dem mittlern sey in derselben Ordnung a, a', a'' und a''', in Zeitsecunden ausgedrückt. Sind nun diese Fäden alle unter sich äquidistant und steht jeder von seinem nächsten um α Zeitsecunden ab, so ist $a = a''' = 2\alpha$ und $a' = a'' = \alpha$, und man wird nun das Mittel aus den fünf beobachteten Durchgängen nehmen, um die verbesserte Zeit des Durchgangs durch den mittlern Faden zu erhalten. Allein es ist sehr schwer, die Abstände aller dieser

Fäden gleich grofs zu machen. Nehmen wir daher an, dafs sie unter einander ungleich sind, dafs aber jeder einzelne dieser Abstände oder dafs der Werth der vier Gröfsen a, a′, a″ und a‴ genau bekannt ist. Wir werden sogleich sehn, wie man diese Werthe mit aller Schärfe bestimmen kann. Dieses vorausgesetzt seyen t, t′, t″, t‴, t^{IV} die fünf Beobachtungszeiten, so hat man auch für die daraus abgeleiteten Durchgänge des Sterns durch den mittlern Faden, wenn δ die Declination des Sterns bezeichnet,

$$t + \frac{a}{\text{Cos.}\,\delta}$$

$$t' + \frac{a'}{\text{Cos.}\,\delta}$$

$$t''$$

$$t''' - \frac{a''}{\text{Cos.}\,\delta}$$

$$t^{IV} - \frac{a'''}{\text{Cos.}\,\delta}.$$

Nimmt man die Summe dieser fünf Ausdrücke und dividirt sie durch fünf, so hat man, wenn $\Theta = \frac{t + t' + t'' + t''' + t^{IV}}{5}$ ist, für die gesuchte Zeit T des Durchgangs des Sternes durch den mittlern Faden

$$T = \Theta + \frac{(a + a') - (a'' + a''')}{5\,\text{Cos.}\,\delta}$$

und dieses ist der Ausdruck, den man bei jeder Beobachtung an dem Meridiankreise, so wie an dem Passageninstrumente anzuwenden pflegt.

Um die Gröfse a oder die Distanz von zweien dieser verticalen Fäden zu bestimmen, sey t die Zeit, in Secunden der Sternzeit ausgedrückt, die ein Stern, dessen Declination D ist, gebraucht, um von dem einen dieser Fäden, zur Zeit der Culmination, zum andern zu gelangen, so hat man, wie grofs auch das Intervall a der Fäden seyn mag,

$$\text{Sin.}\,\frac{a}{2} = \text{Sin.}\,\frac{15\,t}{2}\,.\,\text{Cos.}\,D$$

und man sieht, dafs man die Gröfse a vorzüglich durch zwei Sterne genau finden wird, die nahe an dem Pole des Aequators stehn oder für die D nahe gleich 90° ist. Ist aber die

Distanz a, wie gewöhnlich, nur sehr klein, so wird man statt dieses Ausdrucks den folgenden anwenden können

$$a = t \cdot \text{Cos. } D$$

und dieses a, ebenfalls in Secunden der Sternzeit ausgedrückt, ist zugleich die Zeit, die ein im Aequator liegender Stern gebraucht, das Intervall zwischen jenen beiden Fäden zurückzulegen, während jeder andere, dessen Declination δ ist, die Zeit

$$t = \frac{a}{\text{Cos. } \delta}$$

dazu verwenden wird. Will man endlich die Distanz a in Raumsecunden haben, so wird man die so erhaltene Gröfse a noch durch 15 multipliciren.

Um dieses so angefertigte Fadennetz, das auf einem eigenen Ringe angebracht ist, der sich im Innern des Fernrohrs, durch eigens dazu angebrachte Schrauben, noch nach allen Seiten verschieben läfst, genau so zu stellen, dafs die Ebene dieses Netzes durch den Brennpunct des Fernrohrs geht, so wird man zuerst das Ocular des Fernrohrs so stellen, dafs man durch das Rohr sehr weit entfernte Gegenstände recht deutlich sieht, wozu sich am besten Doppelsterne eignen. Sieht man dann, bei dieser Stellung des Oculars, jene Fäden nicht ganz rein und schwarz, so nähert oder entfernt man die Ebene des Netzes von dem Auge so lange, bis man diese Fäden am deutlichsten sieht. Auch kann man sicherer noch einen der Fäden auf einen scharf begränzten und sehr entfernten irdischen Gegenstand stellen und dann das Auge vor dem Ocular so weit als möglich seitwärts bewegen. Geht, bei dieser Bewegung des Auges, Auge und Bild des Objects auf dieselbe Seite, so ist der Faden zu nahe an dem Auge und umgekehrt.

Um dann die ersten oder verticalen Fäden auch vollkommen in eine auf den Horizont des Beobachters senkrechte Lage zu bringen, läfst man den einen dieser Fäden, indem man das Fernrohr sanft auf und ab bewegt, an einem wohl begrenzten terrestrischen Gegenstand auf und ab laufen, und sieht zu, ob er immer dieselbe Entfernung von dem Gegenstande behält. Thut man dasselbe auch mit allen andern Fäden, so kann man sich dadurch von dem Parallelismus derselben überzeugen. Dazu mufs aber, streng genommen, die Rotationsaxe AB des

Instruments genau horizontal gestellt seyn. Wie dieses zu erhalten ist, werden wir weiter unten sehn. Ebenso wird man, wenn man einen eben durch das Feld des Fernrohrs gehenden Stern auf einen der horizontalen Fäden stellt, sehn, ob der Stern, so lange er im Felde sichtbar ist, immer den Weg des Fadens verfolgt, wodurch die Horizontalität des Fadens constatirt wird. Wenn man auf diese Weise das Fadennetz in allen seinen Theilen berichtigt hat, so wird man zu den Berichtigungen des Instruments selbst schreiten. Wir wollen diese nach der Ordnung kurz anführen, weil die Wichtigkeit dieses Instruments die Kenntnifs dieser Rectificationen erfordert und weil sie auch zugleich bei andern Instrumenten, oft nur mit kleinen Modificationen, nützlich angewendet werden können.

I. Die optische Axe des Fernrohrs mufs auf der Drehungsaxe A B des Instruments genau senkrecht stehn. Diese Axe ist diejenige gerade Linie, welche die Mitte des Objectivs des Fernrohrs mit dem Brennpuncte desselben verbindet und die, wie bereits erwähnt, auch auf der Ebene des Fadennetzes senkrecht stehn mufs. Wenn nämlich diese senkrechte Stellung der optischen Axe auf der Drehungsaxe nicht statt hat, so wird das Fernrohr, selbst wenn die Drehungsaxe horizontal ist, keinen Höhenkreis beschreiben, also auch nicht in der Ebene des Meridians auf und ab gehn, wie dieses doch nothwendig von dem Instrumente gefordert wird.

Um diese Stellung der optischen Axe zu erreichen, wird man den mittlern verticalen Faden auf ein wohlbegrenztes, entferntes Object stellen und dann das ganze Instrument in seinem Lager umwenden, so dafs der Kreis m n auf die Seite des andern Pfeilers zu stehn kommt. Trifft der Faden, in dieser zweiten Lage des Instruments, jenes Object wieder in demselben Punct, so steht die optische Axe richtig. Im entgegengesetzten Falle aber wird man den mittlern Faden, mittelst der dazu bestimmten Schraube, um die Hälfte des bemerkten Fehlers verbessern und dann das angezeigte Verfahren so lange wiederholen, bis man keine Fehler mehr bemerkt.

Obschon man auf diese Weise den Fehler der Axe oder den sogenannten *Collimationsfehler* des Instruments sehr klein machen kann, so läfst er sich doch nur schwer ganz wegbringen, und selbst wenn er weggebracht ist, wird man nicht

sicher seyn, dafs er in kurzer Zeit durch irgend eine Aenderung des Instruments, selbst schon durch den Einflufs einer verschiedenen Temperatur desselben, sich nicht wieder geändert habe. Die neuern Beobachter ziehn es daher vor, diesen, so wie alle andere Fehler, zuerst allerdings durch mechanische Mittel, wie z. B. das eben erwähnte, so klein als möglich zu machen, aber dann den etwa noch übrig bleibenden oder sich neu erzeugenden Fehler unmittelbar durch astronomische Beobachtungen mit viel gröfserer Schärfe zu bestimmen und von dieser Bestimmung bei jeder fernern Beobachtung Rechnung zu tragen.

So wird man also auch hier, wenn einmal jener Collimationsfehler nur klein ist, den noch übrigen Rest desselben auf folgende Weise bestimmen. Man beobachte den Durchgang eines dem Pole sehr nahen Sterns an dem ersten der in dem Fernrohre senkrecht ausgespannten Fäden. Die Zeit dieser Beobachtung, durch das bekannte Intervall der Fäden auf den Mittelfaden reducirt, sey Θ. Dann wende man den Meridiankreis um, so dafs die Kreise m n auf die andere Seite kommen, und beobachte den Stern wieder an dem letzten Faden, das heifst, an demselben, der vorhin der erste war. Die Zeit dieser zweiten Beobachtung, auf den Mittelfaden gebracht, sey Θ'. Ist nun $90° - c$ der Winkel, welchen die optische Axe des Rohrs mit der Rotationsaxe A B des Instruments macht, so hat man

$$c = \tfrac{1}{2} (\Theta' - \Theta) \text{ Cos. } \delta,$$

wo δ die Declination des Sterns und c in Zeitsecunden ausgedrückt ist.

II. Wenn so der Collimationsfehler c des Instruments bekannt ist, so mufs man zusehn, ob die Rotationsaxe A B vollkommen horizontal liegt. Dieses findet man am besten durch die Hakenlibelle, von welcher bereits oben[1] gesprochen worden ist und die man in Bd. VII. Fig. 25. bei g x g' abgebildet sieht. Man hängt diese Libelle mit ihren beiden Haken an die Axenenden A und B auf und liest die Zahl m ab, die der Mitte der Luftblase entspricht. Dann wendet man diese Libelle um, so dafs ihr östliches Ende auf die Westseite kommt, und wenn in dieser Lage die Mitte der Blase n

1 S. Art. *Passageninstrument.*

zeigt, so hat man, wenn k den schon bekannten Werth eines Theilstrichs der Libelle in Raumsecunden bezeichnet,

$$b = \frac{k}{30}(m - n),$$

wo b der gesuchte Winkel in Zeitsecunden ausgedrückt ist, welchen die Rotationsaxe mit dem Horizonte bildet. Ist dieser Winkel b noch beträchtlich, so wird man ihn dadurch verkleinern können, dafs man die Unterlage des einen oder des andern Endes der Schraube bei A oder B, mittelst der dazu bestimmten Schraube, um die Hälfte des gefundenen Fehlers erhebt. Dasselbe Verfahren wird man dann so lange wiederholen, bis der Fehler b so klein ist, dafs man ihn durch dieses mechanische Mittel nicht gut mehr verringern kann.

III. Wenn so die beiden Fehler b und c berichtigt sind, so wird das Fernrohr, wenn man es auf und ab bewegt, die Ebene eines Verticalkreises beschreiben. Allein es soll nur in der Ebene desjenigen Verticalkreises, der zugleich durch die beiden Pole geht, liegen, oder es soll, seiner oben erwähnten Bestimmung gemäfs, die Ebene des Meridians beschreiben. Nehmen wir an, dafs der von der optischen Axe des Fernrohrs beschriebene Verticalkreis mit dem Meridiane den kleinen Winkel a bilde, so dafs also a das Azimuth dieser optischen Axe ist. Um diesen Winkel a zu finden, sey t die Uhrzeit des beobachteten Durchgangs eines bekannten Sterns, dessen Rectascension α und Declination δ ist, durch den Mittelfaden des Fernrohrs, und man setze der Kürze wegen

$$m = \frac{\text{Sin.}(\varphi - \delta)}{\text{Cos.}\,\delta},$$

wo φ die Polhöhe des Beobachtungsortes bezeichnet. Für einen zweiten Stern seyen dieselben Gröfsen

$$t',\ \alpha',\ \delta' \text{ und } m' = \frac{\text{Sin.}(\varphi - \delta')}{\text{Cos.}\,\delta'}.$$

Nimmt man an, dafs die optische Axe des Fernrohrs, während der Bewegung desselben, auf der Südseite des Zeniths östlich vom Meridian liege, und dafs ferner die zu diesem Zwecke gebrauchte Uhr, zur Zeit der Beobachtung, um x Secunden zu spät gegen Sternzeit gehe, so hat man für den ersten Stern

$$x = \alpha - t - m.a$$

und ebenso für den zweiten

$$x = \alpha' - t' - m'.a.$$

Eliminirt man aus diesen beiden Gleichungen die Gröſse x, so erhält man für das gesuchte Azimuth des Fernrohrs

$$a = \frac{(\alpha' - t') - (\alpha - t)}{m' - m}$$

oder

$$a = [(\alpha' - t') - (\alpha - t)] . \frac{\text{Cos.}\,\delta\,.\,\text{Cos.}\,\delta'}{\text{Cos.}\,\varphi\,\text{Sin.}\,(\delta - \delta')}.$$

Man bemerke noch, daſs, wenn man einen *Circumpolarstern* zu diesen Beobachtungen gewählt hat, man statt δ das Complement seiner Declination zu 180° setzen muſs, vorausgesetzt daſs man ihn in seiner untern Culmination beobachtet habe. Für den Polarstern ist z. B. die Declination 88° 30′, also wird man für seine untere Declination $\delta = 91^\circ\ 30'$ setzen. Ueberhaupt sind solche dem Pole nahe Sterne, wie der vorhergehende Ausdruck zeigt, die vortheilhaftesten zur Bestimmung der Gröſse a, und man wird am besten thun, wenn man, statt zweier Sterne, nur einen solchen Circumpolarstern, aber in seinen beiden Culminationen, beobachtet. Ist nämlich t die Zeit der obern und t′ die der untern Culmination und ist δ die Declination des beobachteten Sterns, so hat man

$$a = \frac{t' - t - 12^h}{2\,\text{Cos.}\,\varphi\,\text{Tang.}\,\delta},$$

welcher Ausdruck von der Kenntniſs der Rectascension des Sterns, wie man sieht, ganz unabhängig ist.

Diese Bestimmung des Azimuths a des Fernrohrs setzt voraus, daſs man die beiden andern Fehler b und c desselben schon ganz weggebracht hat. Da aber dieses durch mechanische Mittel nicht gut möglich ist, so wird es besser seyn, diese Fehler b und c′, nachdem man sie durch das oben angezeigte Verfahren klein genug gemacht hat, durch astronomische Beobachtungen zu bestimmen und dann, bei der Bestimmung des dritten Fehlers a, davon Rechnung zu tragen.

Ist nämlich wieder für den ersten Stern

$$m = \frac{\text{Sin.}\,(\varphi - \delta)}{\text{Cos.}\,\delta} \text{ und } n = \frac{\text{Cos.}\,(\varphi - \delta)}{\text{Cos.}\,\delta}$$

und setzt man ebenso für den zweiten

$$m' = \frac{\text{Sin.}\,(\varphi - \delta')}{\text{Cos.}\,\delta'}, \text{ und } n' = \frac{\text{Cos.}\,(\varphi - \delta')}{\text{Cos.}\,\delta'},$$

so hat man, wenn man auch die Fehler b und c berücksichtigt, die beiden Gleichungen

$$\alpha = t + x + a m + b n + \frac{c}{\text{Cos.}\,\delta} \quad . \; . \; . \quad (I)$$

$$\alpha' = t' + x + a m' + b n' + \frac{c}{\text{Cos.}\,\delta'} \quad . \; . \; . \quad (II)$$

und daraus erhält man den gesuchten Werth von a durch den Ausdruck

$$a = \frac{(\alpha - t) - (\alpha' - t') - b(n - n') - c\left(\frac{1}{\text{Cos.}\,\delta} - \frac{1}{\text{Cos.}\,\delta'}\right)}{m - m'}.$$

Hat man aber auch hier, was am vortheilhaftesten ist, nur einen einzigen Circumpolarstern, aber in seinen beiden Culminationen beobachtet, so hat man für die obere Culmination

$$(\alpha - t - x)\,\text{Cos.}\,\delta = a\,\text{Sin.}\,(\varphi - \delta) + b\,\text{Cos.}\,(\varphi - \delta) + c \ldots \quad (III)$$

und für die untere

$$(12^h + \alpha - t' - x)\,\text{Cos.}\,\delta = a\,\text{Sin.}\,(\varphi + \delta) + b'\text{Cos.}\,(\varphi + \delta) - c \ldots (IV),$$

so dafs man daher für das gesuchte Azimuth den Ausdruck erhält

$$a = \frac{12 + t - t' + [b\,\text{Cos.}\,(\varphi - \delta) - b'\text{Cos.}\,(\varphi + \delta) + 2c]\,\frac{1}{\text{Cos.}\,\delta}}{2\,\text{Cos.}\,\varphi\ \text{Tang.}\,\delta}.$$

Kennt man aber auf diese Weise die drei Fehler a, b, c des Instruments, so zeigen die Gleichungen I, II, so wie III, IV, dafs man mit diesem Instrumente unmittelbar die Rectascension α des beobachteten Sterns erhält, wenn bereits die Correction der Uhr gegeben ist, oder umgekehrt diese, wenn jene bekannt ist. Wählt man die Beobachtungen jedes Tages gehörig aus, so wird man an diesem Instrumente zuerst den Fehler x der Uhr und dann die Rectascension α der noch unbekannten Fixsterne oder Planeten mit der gröfsten Schärfe bestimmen können, und dieses ist einer der wichtigsten Vortheile, welche dieses Instrument der beobachtenden Astronomie gewährt.

IV. Allein dieses sind, obschon die vorzüglichsten, doch keineswegs noch alle die Correctionen, welche man bei der Beobachtung mit diesem Instrumente berücksichtigen mufs. Da dasselbe, wie gesagt, ein so wichtiges Instrument der neuern beobachtenden Astronomie ist und da es, gehörig behandelt, eine so grofse Präcision in seinen Resultaten gewährt, so wird es angemessen seyn, die noch übrigen Correctionen desselben hier kurz anzuzeigen.

Die beiden Kreise m, n dieses Instruments sind, wie bereits erwähnt, dazu bestimmt, entweder die *Höhe* oder auch die *Poldistanz* des an dem mittlern horizontalen Faden beobachteten Sterns zu bestimmen. Zu diesem Zwecke muſs die Ebene dieser beiden concentrischen Kreise genau vertical gestellt seyn. Wäre n der Winkel, welchen diese Ebene des Kreises mit der durch seinen Mittelpunct gehenden Verticalebene macht, so hätte man, wenn z die an dem Instrumente gefundene und z' die wahre Zenithdistanz des Sterns bezeichnet, die Gleichung

$$\text{Cos. } z' = \text{Cos. } n \text{ Cos. } z,$$

oder, da n nur klein seyn kann,

$$z' - z = \frac{n^2}{2} \text{ Cotg. } z . \text{Sin. } 1''$$

für die Correction, die man an jeder beobachteten Zenithdistanz z anbringen muſs, um die wahre Zenithdistanz z' zu erhalten. Man sieht, daſs dieser Fehler besonders bei den dem Zenith nahen Sternen gefährlich werden kann. Wenn aber die Rotationsaxe AB des Meridiankreises genau horizontal gestellt worden ist, so kann man, bei wohlgebauten Instrumenten dieser Art, jenen Fehler n ohne Nachtheil vernachlässigen, da der Künstler die Mittel besitzt, die Ebene dieser Kreise vollkommen senkrecht auf ihre Axe zu setzen.

Nennt man z die Meridianzenithdistanz eines Sterns, p die Poldistanz desselben und ψ die Aequatorhöhe des Beobachtungsortes, so hat man bekanntlich für Culminationen auf der Südseite des Zeniths

$$\psi = p - z.$$

Für Culminationen auf der Nordseite des Zeniths aber ist bei oberen Culminationen

$$\psi = z + p$$

und bei untern Culminationen

$$\psi = z - p.$$

Dürfte man nun annehmen, daſs der Künstler, welcher den Meridiankreis verfertigte, den Nullpunct der Theilung des Kreises bereits so gestellt habe, daſs er genau dem Zenithe des Beobachters entspreche, so würden diese Gleichungen hinreichen, durch eine einzelne Beobachtung an diesem Kreise eine von den drei Gröſsen z, p oder ψ zu bestimmen, wenn die beiden andern bereits bekannt sind. Allein diese Annahme

kann nicht zugegeben werden, also ist es Sache des Beobachters, den eigentlichen Mittelpunct der Theilung oder den Zenithpunct des Kreises selbst zu bestimmen. Nehmen wir an, der Künstler habe seinen mit 0 bezeichneten Punct um den unbekannten Bogen x zu weit vor- oder rückwärts von dem wahren Puncte gesetzt. Nennt man überdiefs r die Refraction, welche der beobachteten Zenithdistanz zugehört, so wird man, um nur bei den Circumpolarsternen, als den geeignetsten zu unserm Zwecke, stehn zu bleiben, für die beiden letzten Gleichungen eigentlich die folgenden setzen müssen:

in der obern Culmination

$$\psi = z + x + r + p \ldots (1)$$

und in der untern

$$\psi = z' + x + r' - p \ldots (2)$$

vorausgesetzt nämlich, dafs, wegen der erwähnten Fehler des Künstlers, der Kreis in dieser Lage alle Zenithdistanzen um die Gröfse x zu klein gebe. Wenn man nun aber das ganze Instrument umwendet, so dafs die Kreise m, n, die früher z. B. bei dem östlichen Pfeiler P standen, jetzt auf die Seite des westlichen Q kommen, so wird in dieser Lage des Instruments der Kreis alle damit beobachteten Zenithdistanzen offenbar um dieselbe Gröfse x zu klein geben und man wird daher haben

für die obere Culmination

$$\psi = z'' - x + r + p \ldots (3)$$

und für die untere

$$\psi = z''' - x + r' - p \ldots (4).$$

Aus diesen Gleichungen sieht man, dafs man die Gröfse x durch Umkehrung des Instruments, nämlich dadurch bestimmen kann, wenn man denselben Stern in derselben Culmination in der ersten und auch in der zweiten oder umgewendeten Lage des Instruments beobachtet. In der That giebt die Differenz der Gleichungen 1 und 3

$$x = \tfrac{1}{2}(z'' - z)$$

aus den beiden obern Culminationen, und ebenso giebt die Differenz der Gleichungen 2 und 4

$$x = \tfrac{1}{2}(z''' - z')$$

aus den beiden untern Culminationen. Man erhält so den Fehler x des Nullpuncts der Theilung, ohne die Polhöhe, ohne die Poldistanz und selbst, was besonders vortheilhaft ist, ohne

die Refraction zu kennen, die besonders bei etwas grössern Zenithdistanzen noch immer unsicher ist.

Addirt man aber alle vier Gleichungen, so giebt ihre Summe

$$\psi = \tfrac{1}{4}(z + z' + z'' + z''') + \tfrac{1}{2}(r + r')$$

oder die gesuchte Aequatorhöhe, die aber, wie man sieht, die Kenntniss der Summe der beiden Refractionen voraussetzt, was nicht vortheilhaft ist. Dafür erhält man durch die Differenz der Gleichungen 1 und 2 oder auch der Gleichungen 3 und 4

$$p = \tfrac{1}{2}(z' - z) + \tfrac{1}{2}(r' - r)$$

oder

$$p = \tfrac{1}{2}(z''' - z'') + \tfrac{1}{2}(r' - r)$$

oder man erhält die Poldistanz p des Sterns, wenn man nur die Differenz der beiden Refractionen kennt, und diese Differenz lässt sich allerdings mit desto grösserer Sicherheit als bekannt voraussetzen, je näher der beobachtete Stern an dem Pole steht oder je weniger seine beiden Zenithdistanzen in der obern und untern Culmination von einander verschieden sind. Auf diese Weise kann man also die Grössen x und p als durch die Beobachtungen bestimmt betrachten. Allein die Grösse ψ selbst lässt sich nicht finden, ohne die Refraction r oder r' selbst als bereits bekannt vorauszusetzen.

Eigentlich befindet man sich wohl hier in einem sogenannten fehlerhaften Cirkel, da sich die Polhöhe eines Orts nicht ohne die Kenntniss der Refraction, so wie auch diese sich nicht ohne jene bestimmen lässt. Folgendes Verfahren wird uns aus diesem Irrgange befreien. Nehmen wir an, dass wir, was immer der Fall ist, sowohl die Polhöhe p des beobachteten Sterns, als auch die seiner Zenithdistanz zugehörende Refraction r wenigstens beinahe, etwa bis auf einige Secunden genau, kennen und dass diese beiden wahren und uns daher noch unbekannten Grössen p + dp und r + dr seyn sollen. Nimmt man bloss auf den vorzüglichsten Coefficienten, den der Refraction, Rücksicht, der hier allein als noch einer Correction bedürfend angesehn werden darf, so hat man, wenn z die beobachtete Zenithdistanz ist,

$$r = am.\,\mathrm{Tang.}\,z,$$

wo a = 58″ und m der von dem Barometer und Thermo-

meter abhängige bekannte Factor ist, so daſs daher die wahre Refraction

$$r + dr = (a + da)\, m \,.\, \text{Tang.}\, z$$

seyn wird. Nehmen wir nun an, man hätte eine groſse Anzahl von beobachteten Zenithdistanzen eines Sterns, in der obern sowohl, als auch in der untern Culmination, und zwar in beiden Lagen des Meridiankreises erhalten, so würde, wenn r und p für die obern und r′ und p′ für die unteren Culminationen gehören und wenn diese vier Gröſsen genau bekannt wären, man also haben (wenn man die Summe der vorhergehenden Gleichungen 1 und 3 und ebenso die Summe der Gleichungen 2 und 4 nimmt)

$$\psi = \tfrac{1}{2}(z + z'') + r + p$$

und

$$\psi = \tfrac{1}{2}(z' + z''') + r' - p',$$

und diese zwei Werthe von ψ müſsten einander gleich seyn, wenn anders die beobachteten Zenithdistanzen und diese vier Gröſsen r und r′, p und p′ richtig sind. Da nun das Letzte, unserer Voraussetzung zufolge, nicht der Fall ist, so wird man in den beiden letzten Gleichungen statt p und p′ die Gröſsen $p + dp$ und $p' + dp'$ und statt r und r′ die vorhergehenden Werthe dieser Gröſsen substituiren. Da aber dann die beiden letzten Werthe von ψ einander gleich seyn sollen, so wird auch die Differenz derselben gleich Null seyn oder man wird haben

$$0 = \tfrac{1}{2}(z + z'') - \tfrac{1}{2}(z' + z''') + r - r' + p + p',$$

oder, wenn man der Kürze wegen setzt

$$n = \frac{z + z''}{2} + r + p \text{ und } n' = \frac{z' + z'''}{2} + r' - p',$$

wo r, r′, p und p′ die oben angenommenen, schon nahe bekannten Werthe dieser Gröſsen bezeichnen, so wird man haben

$$0 = n - n' + 2dp + (m\,\text{Tang.}\, z - m'\,\text{Tang.}\, z') \,.\, da,$$

und dieses ist eine der Bedingungsgleichungen, die man für jede doppelte Beobachtung der obern und untern Culmination eines Circumpolarsterns erhalten wird. Nehmen wir z. B. an, das erste Doppelpaar dieser Beobachtungen hätte die Gleichung

$$0 = 2'',5 + 2dp + 0,5\, da$$

und das zweite hätte ebenso

$$0 = 1'',9 + 2dp + 0,7da$$

gegeben, so würde man daraus die beiden Werthe

$$da = + 3'' \text{ und } dp = - 2''$$

finden, und dadurch wäre nun die Refraction sowohl, als auch die Poldistanz des Sterns vollkommen genau bekannt, und dann hat es keine Schwierigkeit mehr, auch die Gröſse ψ aus jeder der vier vorhergehenden Gleichungen (1 bis 4) zu bestimmen. Dabei wurde nur vorausgesetzt, daſs alle beobachtete Zenithdistanzen vollkommen richtig nnd fehlerfrei sind. Da dieses aber von keiner Beobachtung, so wie überhaupt von keinem Menschenwerke gesagt werden kann, so bleibt nichts übrig, als so viele und so gute Beobachtungen, als möglich, zu sammeln, aus jedem zusammengehörenden Doppelpaare eine den obigen ähnliche Bedingungsgleichung abzuleiten, und dann aus allen diesen Gleichungen, nach der Methode der kleinsten Quadrate, die wahrscheinlichsten Werthe der beiden Gröſsen da und dp zu bestimmen. Auf diese Weise erhält man nicht nur die wahren Werthe von p und ψ, sondern auch zugleich den wahren Polpunct oder denjenigen Punct des Kreises, welcher dem Nordpol des Aequators entspricht, so wie man zuvor, durch Umkehren des Instruments, die Gröſse x oder den wahren Zenithpunct des Kreises erhielt. Kennt man aber einmal die Gröſsen p und r für einen Stern, so kann man durch jede spätere Beobachtung desselben den wahren Polpunct des Kreises, falls er sich etwas verändert haben sollte, sogleich wieder auffinden, und mit dem so bekannten Polpuncte giebt sofort jede Beobachtung eines andern Sterns an dem Kreise die noch unbekannte *Poldistanz* oder, wenn man sie auf den Zenithpunct des Kreises reducirt, auch die *Zenithdistanz* dieses Sterns, so daſs man also, wie oben gesagt, mit dem Meridiankreise die vollständige Lage jedes Gestirns schon durch eine einzige Beobachtung erhalten kann.

V. Eine besondere Sorgfalt muſs auch auf die richtige Form der beiden Enden oder der sogenannten Zapfen der Drehungsaxe bei A und B gewendet werden. Diese Zapfen sollen Cylinder mit kreisförmiger Basis seyn. Die oben erwähnte Hänglibelle giebt die Mittel, die Abweichung der Form dieser Zapfen von der geforderten zu erkennen und von ihr bei den Beobachtungen Rechnung zu tragen, so wie man auch mit derselben Libelle sich von der Gleichheit der Durch-

messer dieser cylindrischen Zapfen überzeugen kann. Auch hat man öfter bemerkt, daſs das Fernrohr während seiner Drehung in verschiedenen Zenithdistanzen verschiedene, wenn auch nur geringe Abweichungen von der Ebene des Meridians giebt. Zu dieser Untersuchung wird man sich am besten eines Quecksilberhorizontes bedienen und nebst der gewöhnlichen Höhe des Sterns auch noch die Tiefe seines Bildes in dem Spiegel an dem Kreise bestimmen. Dasselbe Mittel wird auch diejenigen Fehler des Kreises entdecken und bestimmen lassen, welche durch eine Biegung der einzelnen Theile des Instruments in Folge der ungleichen Wirkung der Schwere entstehn können[1].

Nothwendiger Nachtrag über das Aequatoreal.

Das Aequatoreal ist bereits unter dem Artikel dieses Namens in dem ersten Theile dieses Werkes umständlich beschrieben worden, aber der Gebrauch und die diesem Gebrauche vorausgehenden nothwendigen Rectificationen sind daselbst nicht angegeben worden, sondern es wird gesagt: „zur Berichtigung dieses Instruments dienen ähnliche Beobachtungen, wie „bei dem Mittags- oder Meridiankreise, daher ich hier auf „die dort umständlicher zu erwähnenden Mittel verweise." Da dieses Instrument, besonders in der vollkommenen Art, wie es in unsern Tagen gebaut wird, ebenfalls eines der wichtigsten der neuern Astronomie ist, so muſs jenem früheren Versprechen jetzt nachgekommen werden, obschon hier, bei dem Meridiankreise, nicht der schicklichste Platz dazu ist und auch die Rectificationen beider Instrumente, jener Versicherung ungeachtet, wohl nur wenig ähnliches unter einander haben, wie wir sogleich näher sehn werden.

Wenn der Leser das, was bereits an dem erwähnten Orte in dem Art. *Aequatoreal* gesagt worden ist, mit Aufmerksam-

1 Diese und mehrere andere Untersuchungen des Meridiankreises findet man näher angezeigt in Bessel's astron. Beobachtungen Bd. X., in Schumacher's astron. Nachrichten Bd. IV, in den Annalen der Wiener Sternwarte Bd. X, in Littrow's Vorles. über Astron. Bd. II. S. 200 bis 233 u. s. f.

keit durchgeht, so wird er bemerken, dafs dieses ebenso sinnreiche als nützliche Instrument vorzüglich sechs Fehlern unterworfen ist, die man kennen lernen mufs, um sie, wenigstens gröfstentheils, durch mechanische Mittel wegzuschaffen und um dann von den noch übrig bleibenden Fehlern bei jeder künftigen, auf Genauigkeit Anspruch machenden Beobachtung Rechnung tragen zu können. Wenn nämlich dieses Instrument in einem guten, beobachtungsfähigen Zustande seyn soll, so mufs I. die grofse Rotationsaxe desselben in der Ebene des Meridians liegen und II. mit dem Horizonte einen der Polhöhe des Beobachtungsortes gleichen Winkel bilden. Es mufs aber auch ferner III. die Ebene des Declinationskreises mit jener Rotationsaxe parallel und IV. die optische Axe des Fernrohrs mit dieser Ebene des Declinationskreises parallel seyn. Endlich mufs V. sowohl der Vernier des Stundenkreises, als auch VI. jener des Declinationskreises seine gehörige Stelle auf diesen Kreisen einnehmen oder doch die Abweichung derselben bekannt seyn. Andere Forderungen, wie z. B. die senkrechte Stellung des Stundenkreises auf die Rotationsaxe u. s. f., werden gewöhnlich schon von dem Künstler, der das Instrument verfertigt, mit grofser Schärfe berücksichtigt, da ihm die neue und sehr vollkommene Einrichtung seiner Drehbänke alle Mittel an die Hand giebt, diesen Forderungen mit Präcision zu entsprechen.

Wir wollen zuerst ein blofs mechanisches Verfahren angeben, durch welches man alle erwähnte sechs Fehler nahe ganz wegschaffen kann. Man bringe das Instrument durch irgend eine Vorrichtung, die, da sie blofs zur vorläufigen Bestimmung jener Fehler dient, auch von Holz, nur solid genug, gearbeitet seyn kann (sie kann in einem fast vertical aufgestellten Balken mit einem Seitenarm, wie z. B. in der Fig. 45. des Bd. II. dieses Werkes, bestehn), in einer solchen Stellung, dafs die grofse Rotationsaxe vertical, also der Stundenkreis horizontal werde. In dieser Lage kann man das Aequatoreal ganz wie den *Multiplicationskreis* behandeln und die drei letzten unter III, IV und VI. oben angezeigten Fehler ganz so, wie wir bei diesem Instrumente sagen werden, berichtigen. Der Fehler III wird nämlich mittelst der Hängelibelle, die für die Axe des Declinationskreises bestimmt ist, und der Fehler IV wird durch Umwenden des Instruments um seine jetzt ver-

ticale Axe weggebracht. Hat man aber diese zwei Fehler entfernt, so wird man die Höhe irgend eines terrestrischen Objects mit umgewendeten Instrumente oder zweimal beobachten und dadurch den Zenithpunct, also auch den Fehler VI des Verniers des Declinationskreises bestimmen.

Kennt man aber so den Zenithpunct des Declinationskreises, so findet man auch sofort den Polpunct desselben, wenn man von dem Zenithpuncte um einen Bogen weiter zählt, welcher der Aequatorhöhe des Beobachtungsortes gleich ist.

Nachdem diefs geschehn, lege man das Instrument wieder in seine frühere Lage zurück, so dafs A) die Rotationsaxe desselben der Weltaxe nahe parallel werde und dafs B) der Declinationskreis in eine auf den Horizont nahe senkrechte Lage komme. Diesen zwei Forderungen wird man aber auf folgende Weise entsprechen. Mit der bereits erwähnten Hänglibelle des Declinationskreises kann man ganz wie bei dem Multiplicationskreise[1] den Declinationskreis vertical stellen, wodurch die Forderung B befriedigt wird. Um dann auch der andern A Genüge zu thun, stellt man den Vernier, d. h. das mit dem Vernier fest verbundene Fernrohr, auf die bereits bekannte Poldistanz (weil der Polpunct des Kreises bekannt ist) des Sterns, am besten des Polarsterns, so wird man schon mehrere Minuten vor der Culmination dieses Sterns denselben im Felde des Fernrohrs und zwar, wenn man die vorhergehenden Operationen nur mit einiger Sorgfalt ausgeführt hat, auch schon in der Nähe des Durchschnitts der zwei Mittelfäden des Fernrohrs erblicken. Wenn man daher, in dem bekannten Augenblicke der Culmination des Sterns, durch eine leise Verschiebung des einen Endes der Rotationsaxe den Stern genau in den Durchschnitt jener zwei Fäden bringt, so wird dadurch das ganze Instrument gehörig aufgestellt seyn, d. h. die Rotationsaxe wird in der Ebene des Meridians liegen und mit dem Horizonte die der Polhöhe gleiche Neigung haben, wodurch die Fehler I und II weggebracht werden, und wenn man überdiefs auch den Vernier des Stundenkreises in dem Augenblicke jener beobachteten Culmination auf den Anfangspunct der Theilung stellt, so wird auch der Fehler V und sonach alle sechs oben erwähnten Fehler weg-

1 S. Art. *Multiplicationskreis.*

gebracht seyn, so dafs man, in diesem Zustande des Instruments, das Fernrohr nur auf die Poldistanz und auf den Stundenwinkel eines gegebenen Sterns für eine gegebene Zeit stellen darf, um auch sofort schon diesen Stern in dem gegebenen Momente nahe in der Mitte des Feldes des Fernrohrs zu erblicken.

Diese Rectification ist so einfach, dafs sie von jedem Besitzer eines gröfsern, parallaktisch aufgestellten Fernrohrs ohne Mühe und mit Sicherheit vorgenommen werden kann. Es ist übrigens für sich klar, dafs jedes gröfsere Fernrohr mit einer solchen Aufstellung versehn seyn soll, weil die Vortheile derselben, in Beziehung auf den selbst wissenschaftlichen Gebrauch, so überwiegend sind, dafs man nur schwer erklären kann, wie es möglich ist, dafs in unsern Tagen noch so viele Fernröhre von grofser Oeffnung und Focallänge verfertigt werden, die blofs eine einfache Vertical- und Horizontalbewegung des Fernrohrs geben und die eben dadurch den Besitzer eines solchen Instruments von einer Menge von Vortheilen, zum Nutzen sowohl als auch zu einem sehr edlen Vergnügen, ausschliefsen, die allein von einer parallaktischen Aufstellung gewährt werden können.

Zu eigentlich wissenschaftlichen Zwecken wird man die durch das vorige mechanische Verfahren noch zurückgebliebenen kleinen Fehler auf folgende viel genauere Weise bestimmen und dann von ihnen bei den künftigen Beobachtungen mit diesem Instrumente Rechnung tragen können.

Fig. 256. Sey P der Nordpol des Aequators und Z das Zenith, also PZ ein Theil des Meridians. Duch diesen Punct P sollte daher die Rotationsaxe des Instruments gehn, wenn sie bis an die Sphäre des Himmels verlängert wird. Nehmen wir also, da wir diese Axe noch etwas fehlerhaft gestellt voraussetzen, an, dafs sie durch einen andern, dem wahren Puncte P nahen, Pol Π gehe, so dafs also Π gleichsam den Instrumentalpolpunct am Himmel bezeichnet. Zieht man durch die beiden Puncte P und Π einen gröfsten Kreis der Sphäre PΠN, so wird der Winkel $ZPN = \varphi$ den Stundenwinkel und der kleine Bogen PΠ die Poldistanz des Instrumentalpolpuncts vorstellen, und diese zwei Gröfsen sind es, die vor allem gesucht werden müssen.

Zu diesem Zwecke beobachte man an dem Instrumente einen Stern S, dessen bekannter Stundenwinkel s und Poldistanz p heifsen soll. Da das Instrument noch nicht völlig rectificirt vorausgesetzt wird, so wird man an demselben einen etwas andern Stundenwinkel σ und eine ebenfalls etwas unrichtige Poldistanz π ablesen. Man wird daher haben $PS = p$, $\Pi S = \pi$, $NPS = s - \varphi$ und auch sehr nahe $N\Pi S = \sigma - \varphi$, so dafs daher das sphärische Dreieck $P\Pi S$ giebt

$$\left.\begin{aligned}\text{Sin.}(s-\varphi)\ \text{Sin.}\,p &= \text{Sin.}(\sigma-\varphi)\ \text{Sin.}\,\pi\\ \text{Cos.}(s-\varphi)\ \text{Sin.}\,p &= \text{Cos.}(\sigma-\varphi)\ \text{Sin.}\,\pi\ \text{Cos.}\,\lambda + \text{Cos.}\,\pi\ \text{Sin.}\,\lambda\\ \text{Cos.}\,p &= -\text{Cos.}(\sigma-\varphi)\ \text{Sin.}\,\pi\ \text{Sin.}\,\lambda + \text{Cos.}\,\pi\ \text{Cos.}\,\lambda\end{aligned}\right\}$$

und ebenso

$$\left.\begin{aligned}\text{Sin.}(\sigma-\varphi)\ \text{Sin.}\,\pi &= \text{Sin.}(s-\varphi)\ \text{Sin.}\,p\\ \text{Cos.}(\sigma-\varphi)\ \text{Sin.}\,\pi &= \text{Cos.}(s-\varphi)\ \text{Sin.}\,p\ \text{Cos.}\,\lambda - \text{Cos.}\,p\ \text{Sin.}\,\lambda\\ \text{Cos.}\,\pi &= \text{Cos.}(s-\varphi)\ \text{Sin.}\,p\ \text{Sin.}\,\lambda + \text{Cos.}\,p\ \text{Cos.}\,\lambda\end{aligned}\right\}$$

Aus jedem dieser zwei Systeme von Gleichungen findet man sofort, unter der Voraussetzung, dafs λ nur ein kleiner Bogen ist,

$$\left.\begin{aligned}s &= \sigma + \lambda\,\text{Sin.}(\varphi - s)\ \text{Cotg.}\,p\\ p &= \pi + \lambda\,\text{Cos.}(\varphi - s)\end{aligned}\right\}\ \text{oder}\ \left.\begin{aligned}s &= \sigma + \lambda\,\text{Sin.}(\varphi-\sigma)\ \text{Cotg.}\,\pi\\ p &= \pi + \lambda\,\text{Cos.}(\varphi-\sigma)\end{aligned}\right\}.$$

In diesen vier Gleichungen bezeichnen s und p die durch die Refraction, Aberration und Nutation veränderten oder die sogenannten *scheinbaren* Stundenwinkel und Poldistanzen des beobachteten Sterns. Nennt man also die noch unbekannten Fehler der Verniers des Stundenkreises Δs und des Declinationskreises $\Delta\pi$, so hat man

$$\left.\begin{aligned}s &= \sigma + \Delta\sigma + \lambda\ \text{Sin.}(\varphi - s)\ \text{Cotg.}\,p\\ p &= \pi + \Delta\pi + \lambda\ \text{Cos.}(\varphi - s)\end{aligned}\right\}\ \ldots\ (\text{I})$$

und ebenso, wenn man die Gröfsen s, σ und p, π für eine zweite Beobachtung desselben Sterns mit einem Striche bezeichnet,

$$\left.\begin{aligned}s' &= \sigma' + \Delta\sigma + \lambda\,\text{Sin.}(\varphi - s')\ \text{Cotg.}\,p\\ p' &= \pi' + \Delta\pi + \lambda\,\text{Cos.}(\varphi - s')\end{aligned}\right\}\ \ldots\ (\text{II}).$$

Da die vier Gleichungen (I) und (II) nur die vier unbekannten Gröfsen φ, λ, $\Delta\sigma$ und $\Delta\pi$ enthalten, so wird man sie auf die gewöhnliche Weise durch Elimination bestimmen. Setzt man nämlich der Kürze wegen

$$\Sigma = (s' - s) - (\sigma' - \sigma)\ \text{und}\ \Pi = (p' - p) - (\pi' - \pi),$$

so erhält man die beiden Gröfsen φ und λ aus den Gleichungen

$$\left.\begin{array}{l}\text{Tang.}\,[\varphi - \tfrac{1}{2}(s'+s)] = -\dfrac{\Pi}{\Sigma}.\,\text{Cotg.}\,p \\ \lambda = \dfrac{\tfrac{1}{2}\Pi}{\text{Sin.}\,[\varphi - \tfrac{1}{2}(s'+s)]\,.\,\text{Sin.}\,\tfrac{1}{2}(s'-s)}\end{array}\right\} \;.\;.\;(\text{III}).$$

Kennt man aber so die beiden Gröfsen φ und λ oder die zwei Fehler, die wir oben unter I und II aufgeführt haben, so findet man auch sofort die in V und VI angezeigten Fehler der Verniers durch die Gleichungen

$$\varDelta\sigma = s - [\text{gelesenes}\;\sigma + \lambda\,\text{Sin.}\,(\varphi - s)\;\text{Cotg.}\,p]$$

und

$$\varDelta\pi = p - [\text{gelesenes}\;\pi + \lambda\,\text{Cos.}\,(\varphi - s)].$$

Hat man aber diese vier Fehler des Instruments einmal gefunden, so erhält man auch für jede folgende Beobachtung den wahren Stundenwinkel s und die wahre Poldistanz p durch die Gleichungen (I).

Am einfachsten wird man zu diesen Bestimmungen irgend einen Circumpolarstern in seinen beiden Culminationen beobachten. Ist $s = 0$ und $s' = 180^{\circ}$ der Stundenwinkel desselben in der obern und untern Conjunction und ist p die Poldistanz des Sterns, so gehn die Gleichungen (III) in folgende über:

$$\text{Tang.}\,\varphi = \frac{15(\sigma' - 12^{h} - 6)}{\pi' - \pi}.\;\text{Tang.}\,p$$

und

$$\lambda = \frac{\pi' - \pi}{2\;\text{Cos.}\;\varphi}.$$

In allem Vorhergehenden sind die etwa noch weiter möglichen Fehler des Instruments als minder wichtig oder als seltener vorkommend übergangen worden. Wäre aber, um noch zwei dieser Fehler besonders zu erwähnen, μ die Neigung des Declinationskreises gegen die Rotationsaxe und ν die Neigung der optischen Axe des Fernrohrs gegen den Declinationskreis, so wird, so lange man blofs bei den ersten Potenzen dieser Fehler stehn bleibt, der vorhergehende Werth von p in den Gleichungen (I) dadurch gar nicht geändert, während man dem Werthe von s wegen des ersten Fehlers die Gröfse $\mu\,\text{Cotg.}\,p$, und wegen des zweiten Fehlers, wie bei dem Meridiankreise, die Gröfse $\dfrac{\nu}{\text{Sin.}\,p}$ hinzusetzen wird, so dafs daher die so vervollständigten Gleichungen (I) die folgende Gestalt annehmen:

$$\left.\begin{array}{l} s=\sigma+\Delta\sigma+\lambda\,\mathrm{Sin.}(\varphi-s)\,\mathrm{Cotg.}\,p+\mu\,\mathrm{Cotg.}\,p+\dfrac{\nu}{\mathrm{Sin.}\,p} \\ p=\pi+\Delta\pi+\lambda\,\mathrm{Cos.}(\varphi-s)\,. \end{array}\right\}\ldots(\mathrm{IV}).$$

Die Gröfse ν läfst sich auch isolirt durch Beobachtung eines dem Aequator sehr nahen Sterns bestimmen. Für ein solches Gestirn hat man nämlich

$$s=\sigma+\Delta\sigma+\nu\,\mathrm{Cosec.}\,p,$$

und wenn man den Stern immer in der Nähe des Meridians, auch mit umgewendetem Declinationskreise beobachtet,

$$s'=\sigma'+\Delta\sigma-\nu\,\mathrm{Cosec.}\,p.$$

Ist aber t und t′ die Sternzeit einer jeden dieser beiden Beobachtungen, so ist $s'-s=t'-t$ und daher

$$\nu=\frac{(t-\sigma)-(t'-\sigma')}{2}\,\mathrm{Sin.}\,p.$$

Um ebenso die Gröfse μ für sich zu bestimmen, giebt die erste der Gleichungen (IV), wenn man denselben Stern in zwei auf einander folgenden Beobachtungen mit verkehrtem Declinationskreise durchgehn läfst,

$$s=\sigma+\Delta\sigma+\lambda\,\mathrm{Cotg.}\,p\,\mathrm{Sin.}(\varphi-s)+\mu\,\mathrm{Cotg.}\,p+\nu\,\mathrm{Cosec.}\,p$$

und

$$s'=\sigma'+\Delta\sigma+\lambda\,\mathrm{Cotg.}\,p\,\mathrm{Sin.}(\varphi-s)-\mu\,\mathrm{Cotg.}\,p-\nu\,\mathrm{Cosec.}\,p.$$

Daraus erhält man, wenn wieder t und t′ die Uhrzeiten der beiden Beobachtungen sind, die Gröfse

$$\mu\,\mathrm{Cotg.}\,p+\nu\,\mathrm{Cosec.}\,p=\tfrac{1}{2}(t-t')-\tfrac{1}{2}(\sigma-\sigma'),$$

also auch, da man den Werth von ν bereits aus dem Vorhergehenden kennt, die Gröfse μ. Man sieht, dafs man zu diesen Bestimmungen am vortheilhaftesten einen dem Pole nahen Stern nehmen wird.

Kennt man aber auf diese Weise die Gröfsen μ und ν, so wird man dann auch die Werthe von φ und λ auf folgende Art genau bestimmen können. Setzt man nämlich der Kürze wegen $n=\mu\,\mathrm{Cotg.}\,p+\nu\,\mathrm{Cosec.}\,p$ und für eine zweite Beobachtung desselben Sterns, ohne Wendung des Declinationskreises, $n'=\mu\,\mathrm{Cotg.}\,p'+\nu\,\mathrm{Cosec.}\,p'$, so hat man, wie in den Gleichungen (III),

$$\mathrm{Tang.}\,[\varphi-\tfrac{1}{2}(s'-s)]=-\frac{\Pi}{\Sigma}\,\mathrm{Cotg.}\,p$$

und

$$\lambda=\frac{\tfrac{1}{2}\Pi}{\mathrm{Sin.}\,[\varphi-\tfrac{1}{2}(s'+s)]\,\mathrm{Sin.}\,\tfrac{1}{2}(s'-s)},$$

$$\text{wo } \Sigma = (s' - s) - (\sigma' - \sigma) - (n' - n)$$

und

$$\Pi = (p' - p) - (\pi' - \pi) \text{ ist}$$

und wo man in den meisten Fällen ohne Nachtheil $p = p'$, also auch $n = n'$ setzen wird.

Wenn man das Vorhergehende gehörig berücksichtigt, so wird man im Stande seyn, mit dem Aequatoreal die Stundenwinkel und die Declinationen der Gestirne mit derjenigen Sicherheit zu beobachten, welche den Bedürfnissen der neuern Astronomie angemessen ist, wenigstens mit denjenigen Instrumenten dieser Art, die Reichenbach mit so grofser Vollkommenheit verfertigt hat. Allein immer wird es für den praktischen Astronomen beschwerlich seyn, die vorhergehenden Formeln so oft zu berücksichtigen, da man sich auf die Beständigkeit der Fehler bei einem Instrumente nicht verlassen kann, das seiner Natur nach so verschiedene Lagen gegen den Horizont annehmen mufs, wo dann die Bewegung und Flexion der einzelnen Theile desselben immer wieder neue Fehler erzeugen kann.

Will man sich aber während der Beobachtungen von diesen Fehlern unabhängig machen und das Instrument nur auf sogenannte *Differentialbeobachtungen* beschränken, wobei das seiner Lage nach zu bestimmende Gestirn mit einem bereits bekannten Fixsterne in dem Felde des *unbewegten* Fernrohrs verglichen wird, so würde dazu eine minder kostbare Aufstellung des Fernrohrs auch schon hinreichen, indem dazu nichts anderes, als eine unverrückte Lage des Fernrohrs während der beiden Beobachtungen erfordert wird.

Beiden Uebelständen zu begegnen hat man den Weg der sogenannten *Differentialbeobachtungen* versucht, wie man diejenigen Vergleichungen zweier Gestirne nennen kann, die um mehrere Grade in Rectascension oder Declination von einander entfernt sind. Nach mehrern Versuchen wurde folgendes Verfahren sehr anwendbar gefunden.

Man stellt das Fernrohr auf eines der beiden Gestirne so, dafs dasselbe im Durchschnitte der beiden Mittelfäden desselben erscheint, und bemerkt die Zeit der Beobachtung sowohl, als auch den Grad des Declinationskreises, auf welchen das Fernrohr gestellt ist. Dann löst man das Fernrohr, während der Stundenkreis des Instruments geschlossen bleibt, und bringt

den Fadendurchschnitt desselben auf das zweite Gestirn zu der Zeit, wo dasselbe durch den Declinationskreis des ersten Gestirns geht, wo dann wieder der Grad des Declinationskreises und der Augenblick dieser zweiten Beobachtung an der Uhr bemerkt wird. Diese zwei Zeiten und die zwei gelesenen Declinationen der beiden Gestirne reichen hin, die Rectascension und Declination des einen derselben zu finden, wenn das andere bekannt ist, selbst dann, wenn die Declinationsunterschiede der beiden Gestirne drei und mehr Grade betragen, und man kann diese Bestimmung, wie bereits vielfältige Erfahrungen mit diesem Instrumente gezeigt haben, auch dann noch mit völliger Sicherheit vornehmen, wenn auch die oben erwähnten Fehler des Instruments gänzlich unberücksichtigt bleiben. Es wird dabei blofs vorausgesetzt, dafs man diese Fehler durch die oben bereits angegebenen mechanischen Mittel schon klein genug gemacht habe, dafs die Differenz dieser Fehler in den beiden Beobachtungen, und mehr als diese Differenz gebraucht man nicht, keinen merkbaren Einflufs auf die Resultate der Beobachtung mehr äufsern kann. Dafs aber die Differenzen der Refractionen bei geringern Höhen der Sterne oder bei sehr grofsen Declinationsdifferenzen derselben berücksichtigt werden müssen, ist für sich klar.

Die Annalen der Wiener Sternwarte enthalten in ihrem XIII. u. XIV. Bande eine beträchtliche Anzahl solcher Beobachtungen, welche die Anwendbarkeit dieses Verfahrens sehr gut bestätigen und zugleich die ungemeine Bequemlichkeit derselben beweisen, da die Beobachtungen, um die es sich hier handelt, in wenigen Minuten geendet und zu jeder günstigen Zeit vorgenommen werden können, ohne erst die Culminationen der Gestirne abzuwarten, und da die Berechnungen dieser Beobachtungen so ungemein einfach sind, dafs sie selbst die des Kreismikrometers an Bequemlichkeit noch hinter sich zurücklassen, indem sie eigentlich blofs in zwei Subtractionen bestehn. Das früher bei unverrücktem Fernrohre so oft vorkommende Hindernifs, einen wohlbestimmten Stern in so grofser Nähe bei den zu beobachtendem Gestirnen, z. B. bei den Kometen, zu finden, fällt hier ganz weg, da man bei der Vollkommenheit unserer gegenwärtigen Sternkataloge nie um einen wohlbestimmten Fixstern in Verlegenheit seyn kann, wenn man ihn in einer bis drei und mehr Grade gröfsern oder

kleinern Declination nehmen darf, der Differenz der Rectascensionen nicht zu gedenken, die eigentlich, da der Stundenkreis während der Beobachtungen immer geschlossen bleibt, ganz willkürlich ist. Auf diese Weise sind diese Differenz-Beobachtungen den frühern Differential-Beobachtungen mit unverrücktem Rohre, aber mit dem sehr wesentlichen Unterschiede zu vergleichen, dafs hier gleichsam ein Fernrohr von 200-maliger Vergröfserung und von einem Felde, das mehr als sechs Grade im Durchmesser hat, angewendet wird, und ein Fernrohr dieser Art wird wohl noch manche Jahrhunderte, wenn nicht immer, zu den frommen Wünschen gehören. Es scheint uns wünschenswerth, dafs ein so kostbares und mit so hoher mechanischer Vollendung gebautes Instrument, das nun schon die Zierde der meisten gut eingerichteten Sternwarten ist, durch dieses oder ein ähnliches, für die Ausübung sich empfehlendes Verfahren zu den fruchtbaren und immer thätigen Instrumenten eines Observatoriums gezählt werden könnte, da es bisher gröfstentheils nur bei einigen seltenen Beobachtungen angewendet zu werden pflegte.

L.

Metalle.

Metalla; Métaux; *Metals*. Man theilt die bis jetzt unzerlegten Stoffe in nicht metallische und in metallische; letztere, die einfachen Metalle, sind ausgezeichnet durch Undurchsichtigkeit und dadurch bewirkten eigenthümlichen Glanz, den *Metallglanz*, und durch grofse Leitungsfähigkeit für Elektricität und Wärme. Das früher als Unterscheidungsmerkmal angegebene gröfsere specifische Gewicht fällt seit der Entdeckung des Kaliums und anderer leichter Metalle hinweg. Ueberhaupt läfst sich eine Grenze zwischen Metallen und Nichtmetallen nicht wohl scharf ziehn, daher manche Elemente, wie Selen, Jod, Zirconium, Silicium u. s. w., bald zu diesen, bald zu jenen gezählt werden. Man kann die Metalle nach ihrem verschiedenen specifischen Gewichte eintheilen in leichte (unter 5,000 spec. Gew.) und in schwere (über 5,000); nach ihrem Verhalten unter dem Hammer in spröde (*Halbmetalle*) und in ductile (vollkommene Metalle); nach ihrer Affinität gegen den Sauerstoff in solche, deren Oxyde durch blofses

Glühen für sich in Metall und Sauerstoffgas zerfallen (*edle* Metalle, für sich reducible Metalle), und in solche, die den Sauerstoff nur beim Glühen mit Kohle oder einer andern brennbaren Materie vollständig verlieren (*unedle* Metalle, nicht für sich reducible Metalle).

Nach diesen Verhältnissen lassen sich die Metalle folgendermafsen abtheilen:

I. Leichte Metalle.

1) Solche, die mit Sauerstoff ein Alkali bilden (Alkalimetalle): Kalium, Natrium, Lithium, Baryum, Strontium, Calcium.

2) Solche, die mit Sauerstoff eine Erde bilden (Erdmetalle): Magnium, Cerium, Yttrium, Glycium, Alumium, Thorium, Zirconium, Silicium.

II. Schwere Metalle.

1) Unedle. A. Spröde, a) strengflüssige: Titan, Tantal, Scheel, Molybdän, Vanad, Chrom, Uran, Mangan; b) leicht schmelz- und verdampfbare: Arsenik, Antimon, Tellur, Wismuth. B. Ductile: Zink, Kadmium, Zinn, Blei, Eisen, Kobalt, Nickel, Kupfer.

2) Edle: Quecksilber, Silber, Gold, Platin, Palladium, Rhodium, Iridium, Osmium.

G.

Metallbaum.

Vegetatio Metallica; Arbre métallique; *Metallic tree.*

Wenn ein elektronegativeres Metall aus der Auflösung seines Oxyds in Säure durch ein elektropositiveres gefällt wird und sich auf dem noch ungelöst gebliebenen Theile desselben ansetzt, so entsteht eine einfache galvanische Kette, bei welcher das reducirende Metall, als positiver Pol, Sauerstoff und Säure aufnimmt, während der bereits reducirte Theil des elektronegativen Metalls als negativer Pol den Ablagerungspunct für das sich ferner abscheidende negative Metall abgiebt, welches sich häufig krystallinisch, in sich immer weiter verzweigenden Blättchen und Nadeln, selbst in sehr grofser Entfernung von dem reducirenden Metalle absetzt und

so einen Metallbaum bildet. So erhält man den Zinnbaum, *Arbor Jovis*, und den Bleibaum, *Arbor Saturni*, wenn man in die wässerige Lösung des salzsauren Zinnoxyduls und des salpetersauren oder essigsauren Bleioxyds eine Zinkstange hängt; aus einer verdünnten salpetersauren Silberlösung, auf einer Glasplatte vertheilt, fällt Kupfer dendritisches Silber; den eigentlichen Silberbaum, *Arbor Dianae*, erhält man jedoch durch Fällung der Silberlösung mit Quecksilber, wobei das niederfallende Silber nicht für sich krystallisirt, sondern in Verbindung mit einem Theile des unaufgelöst gebliebenen Quecksilbers als Amalgam. In allen diesen Fällen befördert etwas freie Säure die Bildung des Metallbaums.

G.

Metalloide.

Unter diesem Namen versteht man bald die Metalle der Alkalien und Erden, weil sie den übrigen Metallen ähnlich, aber durch geringeres specifisches Gewicht davon unterschieden sind, bald mit Berzelius die nicht metallischen Elemente, und diese sind

1) gasförmig: Sauerstoff, Wasserstoff, Stickstoff, Chlor, Fluor;
2) tropfbar flüssig: Brom;
3) fest: Kohlenstoff, Boron, Phosphor, Schwefel, Selen und Iod.

G.

Metallurgie.

Hüttenkunde; *Metallurgia;* Metallurgie; *Metallurgy.* Die Lehre von der Abscheidung und Gewinnung der schweren Metalle aus den Verbindungen und Gemengen, in welchen sie die Natur zu liefern pflegt, im Grofsen.

G.

Meteorologie.

Witterungslehre, Witterungskunde, Meteoromanthie, Atmosphärologie; *Meteorologia*; Metéorologie; *Meteorology*.

Der Wortbedeutung nach ist Meteorologie die Lehre von den Meteoren (von μετέωρος erhaben, in der Luft schwebend; daher τὰ μετέωρα die überirdischen Dinge, Lufterscheinungen). Hiernach wäre unter andern namentlich auch die Temperatur hiervon ausgeschlossen, man berücksichtigt diese aber dennoch vorzugsweise, weil sie mit vielen Meteoren im innigsten Zusammenhange steht. Die Ausdrücke *Witterungslehre* und *Witterungskunde* bezeichnen dem Sprachgebrauche nach ziemlich das Nämliche, obgleich sie sich zunächst nur auf den Gang der Witterung, namentlich der feuchten oder trocknen, der warmen oder kalten, beziehn. *Meteoromanthie* (von μετέωρα und μανθάνω ich erforsche, erlerne), nach der Wortbedeutung so viel als Kenntniſs der Lufterscheinungen, wird selten gebraucht. Für den Gebrauch genügt das gangbarste Wort *Meteorologie* vollständig und wir bedürfen neben ihm kein anderes, da seine Abstammung aus dem Griechischen hiergegen nicht entscheidet und es in einigen Zusammensetzungen, z. B. meteorologische Werkzeuge, Hydrometeore, Meteorsteine u. s. w., theils geschmeidiger ist, als das sonst sehr paſsliche deutsche Wort *Witterungskunde*, theils durch letzteres gar nicht ersetzt werden kann, abgerechnet daſs alle die Ausdrücke *Meteor*, *Meteorologie*, *meteorisch*, *meteorologisch* von einem einzigen Stammworte ausgehn, statt daſs neben der deutschen Bezeichnung Witterung noch eine zweite, nämlich Lufterscheinung, unentbehrlich ist. Der Ausdruck *Atmosphärologie* ist zwar von einigen Gelehrten, namentlich von Lampadius, statt Meteorologie gewählt worden, und kann auch diesem insofern gleich gesetzt werden, als alle Meteore sich in der Atmosphäre befinden, der Wortbedeutung nach bezeichnet es jedoch nur die Untersuchung dieser Atmosphäre an sich, nicht aber der darin sich zeigenden Meteore. Der Ausdruck Meteorologie behält also vor allen andern den Vorzug.

Die Gegenstände, deren Untersuchung der Meteorologie anheimfällt, sind zunächst die *Meteore* oder *Lufterscheinungen*. Man theilt sie in verschiedene Classen ab, namentlich in *luftige*, wozu die Winde gehören, in *wässerige* oder Hydrometeore, wozu die Verdunstung, Thau, Reif, Nebel, Wolken, Regen, Glatteis, Hagel und Wasserhosen gerechnet werden, in *feurige* oder *elektrische* und auch wohl *phosphorische*, wozu Blitz, Donner, Wetterleuchten, Nordlicht, Zodiakal- oder Thierkreislicht, Feuerkugeln, Sternschnuppen und Irrlichter gezählt werden, und endlich in *glänzende* oder *optische*, worunter man Regenbogen, Höfe, Nebensonnen und Nebenmonde versteht. Daneben erstrecken sich die meteorologischen Untersuchungen noch auf zwei Hauptaufgaben, die nicht zur Classe der eigentlich sogenannten Meteore gehören, aber mit ihnen im innigsten Zusammenhange stehn, nämlich auf den wechselnden Luftdruck und die hierdurch bedingten Barometerschwankungen und auf den Gang der Wärme, wodurch die klimatischen Verhältnisse der verschiedenen Orte hauptsächlich bedingt werden.

Hiernach sind also die Grenzen, bis wohin das Gebiet der meteorologischen Untersuchungen sich erstreckt, bestimmt angegeben; sie reichen nicht über das Gebiet unserer Atmosphäre hinaus, und obgleich Sternschnuppen nebst Feuerkugeln sich in gröſsern Höhen zeigen, auch das Nordlicht nach einigen, wiewohl nicht zuverlässigen Beobachtungen in gröſserer Entfernung von der Erdoberfläche gesehn worden seyn soll, als wohin unsere Atmosphäre reicht, so kommen diese doch unbestreitbar innerhalb unsers Luftkreises und selbst nahe über der Erde zum Vorschein. Wenn daher einige Gelehrte die Untersuchung über die Himmelskörper und über einen problematischen Aether im Weltraume mit in den Bereich der Meteorologie ziehn, so laufen sie Gefahr, aus einem an wohlbegründeten Thatsachen überreichen Gebiete der Wissenschaften sich in einen endlosen dunkeln Raum zu verirren, wo die ungeregelte Phantasie nach Traumbildern zu haschen veranlaſst wird. Selbst die Erscheinung des tellurischen Magnetismus, die Beobachtungen der Variationen und Intensitäten der Magnetnadel, bilden nach meiner Ansicht einen besondern, nicht eigentlich zur Meteorologie gehörigen Zweig, welcher füglicher den Untersuchungen über den Magnetismus im All-

gemeinen anheimfällt, obgleich im höchsten Grade wahrscheinlich ist, dafs wir die Erde als einen Thermomagnet zu betrachten haben, wonach also die magnetischen Erscheinungen mit der Temperatur im unmittelbaren Zusammenhange stehn würden.

Obgleich jeder Gelehrte, welcher die Bearbeitung der Meteorologie als eines speciellen Zweiges der physikalischen Wissenschaften unternimmt, das unbestreitbare Recht nicht veräufsern wird, hierzu einen ihm selbst am meisten zusagenden Plan zu entwerfen, so scheint es mir doch der Tendenz unsers Werkes angemessen, einen solchen vorzuzeichnen, welchen die bessern Schriftsteller zum Theil bereits gewählt haben und auch künftig wählen werden. Zu einer vollständigen Meteorologie scheint mir zu gehören:

I. Eine geschichtliche Uebersicht desjenigen, was bisher in diesem Gebiete versucht und geleistet worden ist.

II. Die Untersuchung der meteorologischen Werkzeuge, nebst den Mitteln zur Prüfung ihrer Genauigkeit und zur Correction ihrer etwaigen constanten Fehler. Hiermit läfst sich dann eine Anleitung verbinden, wie die Angaben dieser Werkzeuge aufgezeichnet und übersichtlich zusammengestellt werden können, also über Witterungsbeobachtungen und meteorologische Tabellen.

III. Die Betrachtung der einzelnen Meteore, mit Beibehaltung der oben genannten Abtheilung derselben, insofern diese zweckmäfsig scheint. Hierbei mufs dann zugleich von der Atmosphäre unserer Erde als dem Sitze der Lufterscheinungen gehandelt und darf dabei die Temperatur, sowohl die mittlere der Erdoberfläche und der Luft an dieser Grenze und in gröfsern Höhen, als auch die Untersuchung der täglichen und jährlichen Veränderungen derselben, nicht übersehn werden.

IV. Endlich ist hiermit noch eine Uebersicht des allgemeinen Ganges und Verhaltens der Witterung und die schwierige Betrachtung zu verbinden, ob und inwieweit ein Causalzusammenhang in die einzelnen Erscheinungen zu bringen steht und inwiefern daher eine Vorausbestimmung des Laufes der Witterung im Bereiche der Möglichkeit liegt.

Nach der Anlage unsers Werkes werden alle wichtigeren physikalischen Gegenstände in eigenen Artikeln alphabetisch

abgehandelt, und diesemnach kommen die unter No. II. und III. gehörigen einzeln vor, so daſs also hier nur eine nähere Betrachtung der ersten und letzten Abtheilung statt haben könnte. Zur Bequemlichkeit der Uebersicht wird es jedoch zweckmäſsig seyn, alle zur Meteorologie gehörige Gegenstände namhaft zu machen. Hierzu kommt jedoch auſserdem der wichtige Umstand, daſs verschiedene der hierher gehörigen Artikel bereits vor mehrern Jahren abgehandelt, seitdem aber bedeutend erweitert worden sind, und es bietet sich daher hier die schicklichste Gelegenheit dar, das etwa Uebersehene und das später Hinzugekommene jetzt nachzuholen und zugleich das Mangelhafte zu verbessern, um dadurch unser Werk der wünschenswerthen und billig zu erwartenden Vollständigkeit möglichst nahe zu bringen.

I. Geschichtliche Uebersicht dessen, was bisher in der Meteorologie geleistet, und der Art, wie sie behandelt wurde.

1) Was die alten Griechen und Römer für die Meteorologie thaten, beschränkt sich auf Beobachtungen, die allerdings nicht ohne Werth sind, wie sich bei ihrem scharfen Verstande und ihrer gespannten Aufmerksamkeit auf alles Vorkommende nicht anders erwarten läſst. Inzwischen können diese nicht weiter reichen, als bis zu demjenigen, was ohne meteorologische Werkzeuge möglich ist, an denen es ihnen gänzlich mangelte. Diesemnach fallen alle Messungen bei ihnen von selbst weg, sie konnten zu keiner genügenden Theorie gelangen und ihre Erklärungen, so sehr sie übrigens von Scharfsinn zeigen, können gegenwärtig nicht mehr befriedigen. Bei weitem am meisten hat Aristoteles in seinen, diesem Gegenstande gewidmeten, vier Büchern[1] und sonst an verschiedenen Stellen seiner Schriften geleistet, so daſs er bis auf die spätesten Zeiten herab als Autorität galt. Ihm folgte sein Schüler Theophrastus, von dessen Schriften über die Meteorologie jedoch

1 Diese 4 Bücher *Meteorologica* des Aristoteles hat Ideler in einer vollständigen kritischen und exegetischen Ausgabe herauszugeben versprochen.

nichts auf die Nachwelt gekommen ist. Die Leistungen der spätern Griechen sind unbedeutend und ihre Ansichten finden sich meistens als einzelne Fragmente bei den Commentatoren des Aristoteles. Unter den Lateinern verdient Lucretius Carus[1] genannt zu werden, am reichhaltigsten sind die Werke des ältern Plinius[2], worin man wohl kaum irgend ein meteorologisches Phänomen vergebens sucht, jedoch ist alles bloſse Compilation und das meiste auf bloſse Sagen, ohne alle Kritik, mitgetheilt. Von weit mehr Geist und eigener Beurtheilung zeugt dasjenige, was uns von L. A. Seneca[3] überliefert worden ist. Wem daran liegt, die Meinungen der alten Griechen und Römer über die Meteore, sowohl insofern sie dieselben beobachteten, als auch sie zu erklären versuchten, vollständig und genau kennen zu lernen, der findet genügende Befriedigung in der kritischen Bearbeitung dieses Gegenstandes durch Ideler[4]. Vieles, was die Alten über die meteorologischen Phänomene aus der Erfahrung entnommen hatten, ist nicht sowohl in den genannten, für diese Untersuchungen eigentlicher bestimmten Schriften enthalten, als es vielmehr in andern, namentlich die über den Feldbau handeln, zerstreut und nur beiläufig erwähnt angetroffen wird. Vorzüglich sind in dieser Hinsicht Virgil[5] und Columella[6] zu nennen und namentlich enthalten die Bücher des Erstern über die Landwirthschaft auſser manchen andern lehrreichen Bemerkungen verschiedene richtige und daneben geistreich vorgetragene Witterungsregeln.

2) Im Mittelalter, als alle Wissenschaften in undurchdringlicher Finsterniſs begraben lagen, darf man meteorologische Forschungen um so weniger erwarten, als das Object derselben wegen der Alltäglichkeit der dazu gehörigen Phänomene das Auffallende und den Reiz der Neuheit verlor. Die gewöhnlichen Erscheinungen konnten daher nicht füglich Ge-

---

1 *De rerum natura*, ed. adnot. adj. Forbiger. Lips. 1828.

2 *Historia naturalis.*

3 *Naturales Quaestiones.*

4 *Meteorologia veterum Graecorum et Romanorum.* Prolegomena in novam meteorologicorum Aristotelis editionem adornandam. Scripsit J. L. Ideler. Berol. 1832. 8.

5 *Georgica* mit Anm. von J. H. Voss. Eutin 1789. 8.

6 *De re rustica.*

genstände der nähern Beachtung werden, die ungewöhnlichen und auffallenden dagegen wurden vom Einflusse der Gestirne abgeleitet. Die Meteorologie machte einen Theil der Astrologie aus, es gab eine eigene *Astrologia meteorologica*, und selbst die Vorausbestimmung der Witterung ging schon früh in die Calender über, worin sie den einmal errungenen Besitz bis auf die neuesten Zeiten sich erhalten hat[1]. Theophrastus Paracelsus (starb 1541) schrieb zwar ein eigenes Buch über die Meteore[2], allein man kann leicht auf den Werth des ganzen Inhalts schliefsen, wenn man berücksichtigt, dafs er die Nebensonnen für ein messingnes Fabricat der Luftgeister und die Sternschnuppen für Excremente der Gestirne aus der Verdauung ihrer astralischen Speisen erklärt.

3) Erst mit Francis Bacon von Verulam (geb. 1560, gest. 1626) und René Descartes (geb. 1596, gest. 1650) erstanden die Erfahrungswissenschaften nach 1500 Jahren aufs Neue, die Erfindung des Barometers gab den Untersuchungen über die Atmosphäre eine sichere Grundlage, noch mehr aber wurde die Aufmerksamkeit der Beobachter durch die Anwendung dieses Werkzeuges zur Voraussagung der Witterung gereizt; man machte Thermometer zum Messen der Temperatur und die sich verbreitenden Berichte der Reisenden veranlafsten die Beachtung der klimatischen Unterschiede der verschiedenen Länder. Im Ganzen waren jedoch die Fortschritte gering, eine Folge davon, dafs man früher zu erklären suchte, als durch hinreichende Erfahrungen ein genügender Grund gelegt war. Die Leistungen des Cartesius[3] sind daher sehr unbedeutend, dem Eifer der Accademia del Cimento fehlten noch die erforderlichen Apparate, und so dauerte die auffallende Mangelhaftigkeit fort bis zum 18. Jahrhunderte, als die zahlreichen Thatsachen, die der fleifsige Peter van Musschenbroek aus eigenen und fremden Beobachtungen zusammenstellte, für lange Zeit einen Anhaltpunct der künftigen Forschungen abgaben.

---

1 Beispiele solcher astrologischen Witterungsregeln giebt Funk in: Natürliche Magie; Berl. u. Stett. 1783 aus einem noch 1733 zu Berlin erschienenen Haus- und Reisecalender.

2 *De meteoris*. Deutsch. Strafsb. 1616. fol.

3 *Meteora*. In Opp. phil. Amst. 1685. 4. p. 153 ff.

4) Eine ausführliche Geschichte der Fortschritte zu geben, welche die Meteorologie von dieser Zeit an machte, ist um so weniger nöthig, als eine für unsern Zweck genügende Uebersicht des Geschichtlichen mit den einzelnen Artikeln verbunden zu werden pflegt, und es wird daher hinreichen, den Gang der Forschungen im Gebiete der Meteorologie nur im Allgemeinen zu bezeichnen[1]. Ein bedeutendes Hülfsmittel erwuchs dieser Wissenschaft dadurch, dafs die Thermometer eine feste Scale erhielten, die ihre Sprache verständlich machte, und fast noch wichtiger war die durch Winkler und Franklin erhaltene Gewifsheit, dafs das Gewitter in der Hauptsache nichts anderes, als eine elektrische Erscheinung sey. Allein die gröfste Schwierigkeit, welche alle Bemühungen fruchtlos machte, war die mangelhafte und falsche Vorstellung, die man sich von der Natur des Wasserdampfes machte, weil es ein durchaus nicht zu enträthselndes Problem seyn mufste, wie noch Lichtenberg[2] dieses ausdrückte, dafs zuweilen plötzlich und ohne aufzufindende bedingende Ursache Hunderttausende von Centnern Wasser aus der kurz zuvor noch heitern und fast augenblicklich verdunkelten Atmosphäre über wenige Quadratmeilen herabstürzen. Nach Stahl[3] liegen allen meteorologischen Processen vorzugsweise chemische Actionen zum Grunde, eine Ansicht, welcher Le Roi[4] noch huldigte. Sehr scharfsinnige Ideen und einen reichen Schatz genauer Erfahrungen theilte de Saussure[5] mit, und diese würden gewifs noch reichere Früchte getragen haben, wäre nicht ein weniger durch Gründlichkeit und Tiefe der Forschung, als vielmehr durch die überschwengliche Fülle seiner Worte ihm gefährlicher Gegner, der allbekannte und immerhin verdiente de Luc, gegen ihn aufgetreten, welcher sich zwar anfangs gleichfalls mehr an die Erfahrung hielt[6], nachher aber durch sein trügerisches, von ihm selbst nicht einmal verstan-

1 Vergl. Richard Hist. nat. de l'air et des météores, à Par. 1770. VII T. 12. Deutsch. Frankf. 1773. 8.

2 Dessen Vertheidigung des Hygrometers. Gött. 1800.

3 Einleitung zur Witterungsdeutung. Halle 1816. 8.

4 Mém. de l'Acad. de Par. 1751. p. 481.

5 Essays sur l'hygrometrie. Neufch. 1783. 8. Vergl. Voyages dans les Alpes.

6 Modifications de l'Atmosphère. Gen. 1772. IV T. 8.

denes Hygrometer irre geleitet, ein vollständiges System der Meteorologie aufstellte[1], wonach der gröſste Theil der atmosphärischen Processe aus einem Uebergange des durch Wärme aufgelösten Wassers in Luft und umgekehrt unter steter Mitwirkung der Elektricität erklärt wird. Seine Theorie veranlaſste verschiedene Streitschriften, indeſs verstummten die Parteien von selbst, nachdem bessere und richtigere Ansichten allmälig mehr verbreitet wurden.

5) Während de Luc's Theorie nicht wenige Anhänger fand, weil manche noch obendrein glaubten, daſs sie durch die neuen Entdeckungen von Scheele, Priestley und Lavoisier unterstützt werde, diente Cotte's[2] Meteorologie den meisten noch als vorzüglichste Quelle. Dieser Gelehrte, wie der gröſste Theil seiner Zeitgenossen und Nachfolger, wurde durch eine Idee geleitet, welche auf die Darstellung der meteorologischen Phänomene nicht ohne Folgen bleiben konnte, nämlich von einem bedingenden Einflusse des Mondes auf die gesammten Meteore. Bei weitem noch bestimmter ausgesprochen und auch auf die Planeten ausgedehnt wurde diese Hypothese durch Toaldo[3], welcher sie auch in seiner spätern Schrift[4] lebhaft vertheidigte und ihr dadurch um so leichter Anhänger verschaffte, als sie in einem sehr alten Vorurtheile eine vorzügliche Stütze fand. Diese ebenso interessante als wichtige Frage ist nach vielen Streitigkeiten erst durch die gründlichen Bearbeitungen, wodurch sich die jetzigen Zeiten von den frühern so vortheilhaft auszeichnen, zur endlichen Entscheidung gebracht worden, wie unten ausführlicher gezeigt werden soll.

6) Die neueste Periode der Meteorologie beginnt mit den gehaltreichen Bemühungen Al. v. Humboldt's, welcher auch diesem wissenschaftlichen Zweige, wie vielen andern, eine bessere und zweckmäſsigere Richtung gab. Ohne eine eigent-

1 Idées sur la météorologie. II T. Lond. 1786. 8. Neue Ideen über die Meteorologie. Berl. u. Stett. 1787. II Th. 8.

2 Traité de Météorologie. Par. 1774. 4.

3 Della vera influenza degli astri nelle stagioni e mutazioni del Tempo. Di Giuseppe Toaldo; in Padova 1770. 4.

4 La Meteorologia applicata all' agricoltura. Pad. 1776. 8. Witterungslehre für den Feldbau. Aus dem Ital. von Steudel. Berlin 1777. 8.

liche Meteorologie zu verfassen, enthalten seine in verschiedenen Zeitschriften zerstreuten Briefe und die Berichte seiner ausgedehnten Reise so zahlreiche und genaue Beobachtungen, daneben eine Zusammenstellung der verschiedenen Gestalten, unter denen sich die nämlichen meteorologischen Phänomene in andern Himmelsstrichen zeigen, und insbesondere so tiefe Blicke in die Ursachen und Gesetze, welche dieselben erzeugen und modificiren, daſs nicht bloſs dieses Beispiel zur Nachahmung reizen, sondern auch der reiche Schatz von Thatsachen den Physikern eine sichere Grundlage ihrer Forschungen geben muſste. Auch Leop. v. Buch erkannte mit eindringendem Scharfblicke in den reichhaltigen vorhandenen, namentlich von Gronau hinterlassenen Beobachtungen mehrere der Gesetze, welche aller anscheinenden Regellosigkeit ungeachtet die Witterungsphänomene befolgen und die sich daher aus ihnen entwickeln lassen. War einmal durch beide hochverdiente Gelehrte der richtige Weg gezeigt, wie man beobachten und aus den erhaltenen Resultaten die richtigen Gesetze auffinden muſs, so folgten viele der vorgezeichneten richtigen Bahn. Alle diese einzeln zu nennen würde zweckwidrig seyn und ich begnüge mich daher nur wenige namhaft zu machen, deren Verdienste anerkannt sind. Dahin gehören, ihrer gegenseitigen Zwistigkeiten ungeachtet, Schouw und Dove; auch verdient der emsige, leider zu früh verstorbene Schübler genannt zu werden, hauptsächlich aber Kämtz, welcher in seiner ausführlichen, leider noch unvollendeten Meteorologie [1] gezeigt hat, auf welche Weise diese Wissenschaft behandelt werden muſs, wenn man Reichthum mit Gründlichkeit, Kürze des Ausdrucks mit Fülle von Thatsachen und Gedanken vereinigen will. Hoffentlich wird dieses gelehrte Werk allen Aftergeburten der Halbwisserei, welche statt tief eindringender Gelehrsamkeit trügliche Luftgebilde der aufgeregten Phantasie geben, für immer einen kräftigen Damm entgegenstellen.

7) Daſs der Gang der Witterung gewisse regelmäſsige Abwechselungen befolge, dieses geht sehr bald aus selbst oberflächlichen, wenn nur anhaltenden Beobachtungen hervor. Hierfür sprechen unter andern die periodischen Regen und Winde

1 Lehrbuch der Meteorologie. I. Bd. Halle 1831. II Bd. ebend. 1832. III. Bd. 1836. 8.

der tropischen Gegenden und der Wechsel der Jahreszeiten unter höhern Breiten. Insofern diese Periodicität im Wesen der Sache gegründet ist, verdient sie um ihrer selbst willen genauer gekannt zu werden, und ebenso wichtig ist dieses zur Erlangung einer nähern Einsicht in das Wesen der meteorologischen Erscheinungen überhaupt. Zu diesem Ende wird unumgänglich erfordert, nicht bloſs etwa ein Jahr hindurch täglich den Gang der Witterung aufzuzeichnen, sondern auch die Führung solcher Register eine möglichst lange Reihe von Jahren fortzusetzen. Denn es kehren zwar die periodischen Regen und die Jahreszeiten schon nach Verlauf eines einzigen Jahres im Allgemeinen wieder, aber nicht allemal genau zu derselben Zeit; auſserdem sind bald die Regenmengen gröſser, bald zeigt die Wärme und dann wieder die Kälte eine gröſsere Intensität; zuweilen sind Gewitter und heftige Stürme vorherrschend, ja es giebt Jahre, in denen ganz ungewöhnliche Erscheinungen, wie der Höhrauch im Jahre 1783, die Aufmerksamkeit des Beobachters in Anspruch nehmen. Verfolgt der Meteorolog diese Aufgabe weiter, so stöſst er mitunter auf seltsame Ergebnisse, indem es sich unter andern gefunden hat, daſs an einigen Orten die jährlichen Regenmengen eine lange Reihe von Jahren hindurch regelmäſsig abnahmen und dann entweder zum frühern Mittel wieder zurückkehrten, oder sogar umgekehrt regelmäſsig zunahmen[1]. Soll über Probleme dieser Art entschieden werden, ob das Klima einer gewissen Gegend unverändert bleibe, oder ob sich, namentlich in Beziehung auf Temperatur und Feuchtigkeit, wo nicht allgemein, doch für einzelne Strecken, eine allmälige Veränderung, wenn auch nur in sehr langen Perioden, zeige, so sind meteorologische Register oder Tagebücher ein unentbehrliches Erforderniſs. Es ist unnöthig, zur Unterstützung dieser Behauptung Autoritäten beizubringen, sonst könnte man sich nur auf Tob. Mayer[2] berufen, welcher die Resultate anhaltender Beobachtungen zur Interpolation seiner Formel für die mittlere Wärme unter verschiedenen Breiten zu benutzen vorschlug, und auf Lambert[3], welcher nur auf solche Register genaue Witterungsregeln grün-

1 Vergl. *Regen*. Bd. VII. S. 1303.
2 Opp. ined. Gott. 1775. 4. N. I.
3 Nouv. mém. de Berlin. 1771. p. 60.

den zu können glaubt. Auch in den neuesten Zeiten konnten verschiedene interessante Probleme, z. B. über den Zusammenhang der Winde und der Regenmengen nach L. v. Buch, über die in ungleiche Jahreszeiten fallenden gröfsten Regenmengen der verschiedenen Gegenden nach Gasparin, insbesondere aber die sehr wichtige Frage über den Einflufs des Mondes auf das Barometer nach La Place und Bouvard, Flaugergues und Schübler nur durch vorhandene vieljährige Beobachtungslisten beantwortet werden.

8) Auf welche Weise das Aufzeichnen der Witterung geschehn mufs, oder wie die Witterungstabellen einzurichten sind, darüber lassen sich nicht wohl bestimmte Regeln angeben. Einestheils ist die Aufgabe ausnehmend leicht, sofern jemand irgend eine ihm anderweitig durch Uebung gewohnte Form wählen kann, anderntheils darf dabei viel Willkür herrschen; denn unter der Voraussetzung, dafs die gebrauchten Werkzeuge richtig sind und der Beobachter ihre Sprache versteht, also richtige Data aufzeichnet, was sich von selbst versteht, ist es im Ganzen von untergeordneter Wichtigkeit, ob die Aufzeichnung täglich einmal oder etlichemal und an welchen Stunden sie geschieht (welche letztere jedoch regelmäfsig beibehalten werden müssen), ob in Form von Tabellen mit oder ohne Abkürzungen oder auf irgend eine sonst beliebige Weise aufgezeichnet wird, indem hierüber ohnehin meistens anderweitig bedingende Umstände, namentlich Gewohnheit, Bequemlichkeit und die zwischen andern Beschäftigungen gelegen zu wählende Zeit, zu entscheiden pflegen. Inzwischen hat sich allmälig eine gewisse Regel gebildet, die als sachgemäfs und bequem ziemlich allgemein befolgt wird. Hiernach schreibt man tabellarisch neben einander den Stand des Barometers und des an ihm befindlichen Thermometers im Freien, des Hygrometers oder Psychrometers, die Richtung und auch wohl die Stärke des Windes und die Beschaffenheit des Himmels. Für die letztere wählt man meistens blofse Zahlen, indem 0 ganz heitern Himmel und 1, 2, 3, 4 die Gradationen des wolkigen oder bedeckten Himmels bezeichnen; die meteorischen Erscheinungen, Regen, Schnee, Reif, Nebel u. s. w. werden durch die zugehörigen Anfangsbuchstaben angedeutet, wobei sich von selbst versteht, dafs eine solche Tabelle noch aufserdem einigen Raum zur Aufzeich-

nung der Regenmengen und ungewöhnlichen Erscheinungen, als der Nordlichter, des Höhrauches, heftiger Stürme u. s. w. haben muſs. Die Zeit, welche man zum Aufzeichnen wählt, ist am besten Morgens und Abends um 9 Uhr und Mittags etwa um 2 Uhr, weil in diese letztere das Maximum der Temperatur zu fallen pflegt. Ist man in diesen, allerdings zweckmäſsigsten Stunden verhindert, so können auch andere, z. B. 6 oder 8 Uhr Morgens und 10 Uhr Abends gewählt werden; auch genügt es täglich nur zweimal oder selbst nur einmal aufzuzeichnen, obgleich die für irgend einen Ort zu erwartenden Resultate über den Gang der Witterung daselbst um so viel schärfer werden, je öfter täglich aufgezeichnet wird, und für gewisse Probleme selbst eine stündliche Aufzeichnung erforderlich ist.

9) Solcher Witterungsverzeichnisse haben wir verschiedene schon aus frühern Zeiten und gegenwärtig ist ihre Zahl ausnehmend groſs. Zu den ältern und wegen ihres groſsen Zeitumfanges sehr schätzbaren gehören die auf der Sternwarte zu Paris seit dem Anfange des vorigen Jahrhunderts mehr oder minder vollständig geführten Register, die des Pater Cotte und diejenigen, die wir dem anhaltenden Fleiſse Gronau's zu Berlin verdanken. Zu Kopenhagen hat Horrebow früh angefangen, meteorologische Register zu führen, und auch einen Theil seiner Tabellen bekannt gemacht[1]. Schätzbar sind ferner die Beobachtungen Toaldo's und die Aufzeichnungen, welche Gatterer mit einer für die damalige Zeit seltenen Genauigkeit viele Jahre hindurch zu Göttingen gewissenhaft fortgesetzt hat. Unter die vollständigsten aus diesem Jahrhundert gehören ferner die Carlsruher Tabellen von Boeckmann und Wucherer, die des Canonicus Stark zu Augsburg, hauptsächlich aber die Straſsburger durch Herrenschneider mit auſserordentlicher Sorgfalt geführten, und so lieſsen sich noch viele andere namhaft machen, wenn es der Mühe werth wäre, sie hier schon zu nennen, da ohnehin mehrere derselben bei der Aufsuchung der für einzelne Meteore statt findenden Gesetze erwähnt werden. In einigen Ländern herrscht die Sitte, die klimatischen Verhältnisse gewisser Districte na-

1 Tractatus historico-meteorl. continens obs. XXVI annorum in observatorio Havniensi factas. Havn. 1780. 4.

mentlich oder hauptsächlich zum Behuf der Landwirthschaft dadurch auszumitteln, dafs meteorologische Werkzeuge an Geistliche, Förster, Agronomen u. s. w. vertheilt und diese dann angehalten werden, ihre täglichen Beobachtungen monatlich an die Behörde einzusenden. Wie sachgemäfs dieses auch scheinen mag, so wird es dennoch erlaubt seyn, einige Einwendungen gegen die meistens gewählte Methode zu machen. Zuvörderst darf man nicht glauben, dafs solche Beobachtungen zur Begründung streng richtiger meteorologischer Gesetze dienen können, denn hierzu fehlt ihnen die nöthige Genauigkeit; allein dieses versteht sich schon von selbst und um so mehr, wenn man berücksichtigt, dafs die Aufzeichnungen häufig nicht nach wirklichen Beobachtungen, sondern erst am Ende der Monate nach Gutdünken geschehn. Wesentlicher aber ist Folgendes. Man beschränkt sich meistens auf das Barometer und Thermometer und verlangt dann, dafs zugleich die Regentage angemerkt werden; allein das Barometer, ohnehin zerbrechlich und theuer, ist ganz überflüssig, da die Schwankungen desselben auf bedeutende Strecken sich gleich sind und daher aus den Beobachtungen an geprüften Instrumenten an einigen Hauptorten nicht allzugrofser Länder sich genügend ergeben. Die Temperatur bietet allerdings bei ungleichen Höhen und verschiedenen Lagen interessante Veränderungen dar, allein gleich wichtig und sogar wohl von noch gröfserer Wichtigkeit, namentlich für den Feldbau, sind die Regentage und Regenmengen, und dennoch werden diese gerade am wenigsten beachtet, weswegen bei einem nutzlosen Ueberflusse von Barometerbeobachtungen es an Thatsachen fehlt, um die Regenverhältnisse für den gröfsten Theil von Deutschland auszumitteln. Am zweckmäfsigsten würde es daher seyn, sich auf Thermometer und zweckmäfsig eingerichtete Regenmafse zu beschränken und diese nebst Tabellen mit der Auflage zu vertheilen, den Gang des Thermometers nebst den Regentagen und Regenmengen in den Tabellen gewissenhaft aufzuzeichnen.

10) Wie grofs indefs die Menge der mit vieler Sorgfalt und genügender Sachkenntnifs geführten meteorologischen Register seyn mag, welche theils für sich bekannt gemacht, theils den physikalischen Zeitschriften angehängt sind, so reichen sie doch nicht hin zur festen Begründung der Gesetze der Meteo-

rologie, und der Physiker, welcher es versucht, diese aufzufinden, fühlt sich überall verlassen wegen des Mangels an genügenden Thatsachen. Die Ursache hiervon liegt am Tage. Die Witterung irgend eines Ortes wird nicht durch diesen und an ihm bedingt, sondern unterliegt Einflüssen aus weit entfernten Gegenden. Die übergroſse Menge der an einem einzelnen Orte aufgezeichneten Thatsachen kann daher bloſs zur Beantwortung irgend einer speciellen Frage dienen, aber eine Uebersicht des Ganzen und ein Mittel zur Auffindung allgemeinerer Ursachen und Gesetze kann sie nicht gewähren. Theorie und Erfahrung beurkunden auf gleiche Weise, daſs hierzu eine Zusammenstellung gleichzeitig an mehrern weit entlegenen Orten angestellter Beobachtungen unumgänzlich nöthig ist. Ein merkwürdiges Beispiel, wieviel durch vereinte Mitwirkung Vieler geleistet werden kann, hat die meteorologische Societät zu Mannheim geliefert, welche zu einer Zeit thätig, als die Physik und namentlich auch die Meteorologie noch in der Kindheit waren, mit Werkzeugen versehn, die keineswegs auf groſse Vollkommenheit Ansprüche machen durften, und über einen geringern Flächenraum sich ausdehnend, als gegenwärtig leicht zu bewerkstelligen wäre, dennoch einen Schatz von Thatsachen hinterlassen hat, zu welchem noch jetzt alle diejenigen Gelehrten ihre Zuflucht nehmen, welche allgemeine Regeln der Witterung aufzufinden sich bemühen. Der Kurfürst Carl Theodor stiftete diese sogenannte *Societas meteorologica palatina*, an deren Spitze der Abt Hemmer als Director stand. Die Gesellschaft versandte auf ihre Kosten verglichene Barometer, Thermometer mit achtzigtheiliger Scale, Federkielhygrometer, denen sie in einzelnen Fällen noch ein Brander'sches magnetisches Declinatorium hinzufügte. In der beigegebenen Anleitung zum Gebrauche dieser Instrumente war auch der Wunsch ausgedrückt, daſs die Beobachter sich mit einem Luftelektrometer, einem Windmesser, Regenmaſse und mit einem Verdunstungsmesser versehn möchten. Die Beobachtungen sollten täglich dreimal, Morgens um 7 Uhr, Nachmittags um 2 und Abends um 9 Uhr angestellt und mit paſslichen Bezeichnungen in eine Tabelle eingetragen werden. Hemmer hat nicht bloſs eine Anleitung zur Anstellung dieser Beobachtungen[1], sondern auch die erhaltenen Re-

1 Descriptio instrumentorum soc. meteor. palatinae. Manh. 1782. 4.

sultate in geeigneten Tabellen und mit Anmerkungen begleitet bekannt gemacht[1].

11) Schon oft ist seitdem der Wunsch im Stillen gehegt und laut ausgesprochen worden, dafs durch irgend eine ähnliche Einrichtung die Meteorologie als Wissenschaft eine feste Begründung erhalten möge, allein gerade durch die Fortschritte, welche die Naturlehre unterdefs gemacht hat, scheinen die Forderungen so gesteigert zu seyn, dafs die Lösung dieses Problems die darauf zu verwendenden Kräfte weit übersteigt. Brewster[2] hat das Mittel gewählt, die Physiker in den verschiedenen Ländern aufzufordern, an gewissen Tagen des Jahres gemeinschaftlich Beobachtungen anzustellen und ihm diese mitzutheilen, allein da seit mehrern Jahren bis jetzt noch kein hieraus erhaltenes Resultat bekannt geworden ist, so mufs der Eifer hierfür nothwendig erkalten. Neuerdings hat die Kön. Societät der Wissenschaften zu Kopenhagen die von der Manheimer Gesellschaft vorgezeichnete Bahn wieder zu betreten versucht, Instrumente vertheilt und fremde Beobachtungen mit ihren eigenen vereinigt. An der Spitze dieses Geschäftes standen drei gewiegte Männer, v. Hauch, Oersted und Schouw, welche zuverlässig der Aufgabe gewachsen waren, wenn die Verhältnisse ihnen erlaubt hätten, alle ihre Zeit darauf zu verwenden. Als eine gediegene Frucht dieses Unternehmens erhielt das Publicum die durch Neuber zu Apenrade vom Anfang Juni 1824 bis ebendahin 1825 angestellten Beobachtungen, vollständig für jeden Tag dieses Jahres, und aufserdem die hieraus hervorgehenden Resultate in einer lichtvollen Uebersicht, nebst vielen interessanten Bemerkungen über die meteorologischen Phänomene im Allgemeinen[3]. Allerdings hat die Manheimer Gesellschaft keine einjährige Beobachtungsreihe von einem einzelnen Orte aufzuweisen, welche an Umfang und Werth des Inhalts mit dieser verglichen werden könnte, allein dennoch ist die Erreichung des erwünschten Zieles auf

---

1 Ephemerides Soc. meteorol. palatinae. Historia et observationes. Manh. 1783 — 1792. XII T. 4.

2 Edinb. Journ. of Science. N. XI. p. 144.

3 Observationes meteorologicae a Cal. Jun. 1824. ad Cal. Jun. 1825. Apenroae in ducatu Slesvicensi factae ab A. Neuber. Havniae 1829. gr. 4.

diesem Wege nicht zu erwarten. Wollte man von nur etwa einem Dutzend hinlänglich von einander entfernter Orte so ausführliche Uebersichten mittheilen, so würde selbst dem eifrigsten Meteorologen die Zeit fehlen, sich mit diesen allen bekannt zu machen. Hierzu kommt, daſs die Bekanntwerdung sich nothwendig verspäten muſs, wenn das Auſsergewöhnliche im Gange der Witterung, was die Aufmerksamkeit am meisten reizt, sein Interesse bereits verloren hat. Wirklich sind auch diese Beobachtungen erst im Jahre 1829 gedruckt. Endlich ist aber noch zu berücksichtigen, daſs auch der freigebigste Staat die auf ein Unternehmen von diesem Umfange zu verwendenden Kosten rücksichtlich des für die Wissenschaften daraus zu erzielenden Gewinnes für zu groſs erachten müſste.

12) Allerdings wird man mit einem etwas niederdrückenden Gefühle über dasjenige erfüllt, was durch menschliche Kräfte erreichbar ist, wenn man überlegt, daſs ungeachtet des allgemeinen lebhaften Interesses für die Meteorologie und der Wichtigkeit der zu ihr gehörigen Gegenstände es nicht bloſs schwierig, sondern vielleicht unmöglich ist, die hierüber herrschenden und oft geäuſserten Wünsche zu befriedigen. Dennoch habe ich mit dem zu früh für die Wissenschaften verstorbenen Brandes um 1820 nach reiflicher Ueberlegung einen Plan entworfen, wodurch unter günstigen Umständen dieses vielleicht möglich gewesen wäre, welcher damals wegen der italienischen und spanischen Wirren aufgehoben wurde, nachher aber andern Geschäften weichen muſste, und wovon ich die Hauptumrisse hier mitzutheilen kein Bedenken trage, da derselbe vielleicht künftig einmal in verbesserter Gestalt zur Ausführung kommen könnte. Wir hatten uns vorgenommen, eine europäische meteorologische Zeitschrift herauszugeben, welcher wir alle unsere Kräfte zu widmen gedachten, indem Brandes den nordöstlichen, ich selbst aber den südwestlichen Theil dieses Welttheils übernehmen sollte. Als äuſserste Puncte der zu überblickenden Länderfläche hatten wir, allerdings etwas kühn, für die Länge Sebastopol und Lissabon, für die Breite Christiania oder Bergenstift und Catanea in Sicilien gewählt. Auf dieser groſsen Strecke waren jedoch nur 24 Hauptpuncte ausgesucht, von denen regelmäſsig monatliche Tabellen mitgetheilt werden sollten, die sich auf einen einzigen

täglichen Barometerstand, das Maximum und Minimum der Temperatur, eine einzige Psychrometerbeobachtung, die mittlere Windrichtung, den allgemeinen Charakter des Himmels und eine kurze Andeutung ausgezeichneter Phänomene beschränken mufsten. Es schien uns dabei nur dadurch möglich, das allgemeine Interesse fortdauernd zu fesseln, wenn es sich erzwingen liefs, die jedesmaligen monatlichen Beobachtungen schon im nächsten Monate nachher drucken zu lassen, um die Hefte im zweiten Monate zu versenden, wobei sich von selbst verstand, dafs eine ausbleibende Tabelle später nachgeliefert werden mufste. Aufser diesen 24 Tabellen sollte dann jedes Heft noch die wichtigsten meteorologischen Erscheinungen nicht blofs aus ebendiesen, sondern auch aus andern Orten enthalten, die wir namentlich aus den nordamericanischen Zeitungen zu entnehmen hofften, insofern ein für diesen Zweck einzurichtender Briefwechsel nicht ausreichen würde; auch hofften wir mit Grunde, durch die liberale Unterstützung der grofsbritannischen Admiralität die meteorologischen Register benutzen zu können, welche die englischen Ostindienfahrer zu führen gehalten sind.

Dieser Plan hat allerdings etwas Riesenhaftes, allein es sind der Wissenschaft wegen bereits gröfsere entworfen und wirklich ausgeführt worden, z. B. die Gradmessungen, Pendelbeobachtungen und Entdeckungsreisen, und nur auf diesem Wege könnte die Meteorologie zu einer festen Basis gelangen, wenn eine solche reichhaltige Fundgrube von Thatsachen eröffnet und es etwa 10 bis 20 Jahre nach einander dem wissenschaftlichen Publicum im Grofsen möglich gemacht würde, ihre eigenen Beobachtungen, so lange sie noch im frischen Andenken sind, mit denen aus weit entlegenen Orten vergleichbar zusammenzustellen. Der Sachverständige bedarf hierfür keines Beweises, denn es ist sicher ausgemacht, dafs die Ursachen und Bedingungen, mindestens der ungewöhnlichen meteorologischen Erscheinungen, meistens in gröfseren Entfernungen zu suchen sind, als man in der Regel erwartet, wie denn unter andern namentlich Brandes nachgewiesen hat, dafs die Ursachen der Stürme im westlichen Europa gröfstentheils im atlantischen Ocean liegen. Zum Gelingen eines solchen Unternehmens genügt jedoch die gewissenhafte Anstrengung und der ausdauernde Fleifs einiger hierfür sich vereinigender sachkun-

diger Männer nicht, ja selbst die thätige Unterstützung der gelehrten Gesellschaften in den verschiedenen Staaten reicht hierzu nicht hin, aber eine nicht blofs entscheidende, sondern selbst gegen alle mögliche Wechselfälle sichernde Hülfe könnte dasselbe erhalten, wenn die erhabenen Regierungen auch diesem wissenschaftlichen Zweige ihren vielvermögenden Schutz angedeihen liefsen und alles, was für diese Zeitschrift an die Redactoren derselben gesandt oder von ihnen (zur Verhütung von Mifsbrauch *sous bande*) abgeschickt würde, portofrei und schnell durch die gewöhnlichen Posten versenden liefsen; denn eben die Schnelligkeit der aus der Ferne erhaltenen Nachrichten würde die Meteorologen in den verschiedenen Ländern antreiben, in der Einsendung ihrer genau und gewissenhaft gemachten Beobachtungen nicht säumig zu seyn. Die Zeit wird lehren, ob die durch wechselseitige Handelsverbindungen bereits so innig vereinten Völker sich zur Unterstützung eines solchen, den allgemeinen Frieden fordernden und in gewisser Hinsicht auch befördernden Unternehmens künftig einmal vereinigen werden.

II. Meteorologische Werkzeuge, nebst der Prüfung ihrer Güte und der Methoden, sie zu beobachten.

Die gangbaren meteorologischen Apparate[1] können in verschiedener Ordnung zusammengestellt werden, je nachdem man sie entweder nach ihrer Wichtigkeit oder nach der Uebereinstimmung der mit ihnen anzustellenden Messungen, unter einander ordnet. Eine Regel ist hierüber nicht festgesetzt, jedoch pflegt man sie gewöhnlich ihrer Wichtigkeit nach auf einander folgen zu lassen und diesemnach das Barometer, das Thermometer und das Hygrometer voranzustellen. In Gemäfsheit der alphabetischen Anordnung unsers Werkes dürfte es am

---

1 Man kann deren mehr oder weniger beobachten. Leslie in Edinb. New Phil. Journ. N. III. p. 141. rechnet dazu das Barometer, Thermometer, Hygrometer, Atmometer, Regenmafs, Drosometer, Anemometer, Photometer, Aethrioskop, Kyanometer und Elektrometer; allein die letztern von diesen werden selten überhaupt und auf jeden Fall nicht regelmäfsig beobachtet.

angemessensten seyn, diese auch hier beizubehalten, wobei es sich von selbst versteht, dafs jederzeit auf die einzeln vorkommenden Artikel verwiesen wird und blofs die bereits abgehandelten die etwa nöthig gewordenen Zusätze erhalten können.

1) *Atmometer*, *Atmidometer* oder Verdunstungsmesser. Es scheint mir unnöthig, zu dem, was hierüber gesagt worden ist[1], noch weiter etwas hinzuzusetzen, und würde dieses, wenn es erforderlich wäre, bequemer bei der Untersuchung der Verdunstung geschehn.

2) *Barometer.* Ueber dieses wichtige meteorologische Werkzeug wurde zwar oben[2] bereits ausführlich gehandelt, allein es ist seitdem so viel Neues hinzugekommen, dafs hier einige Nachträge nicht fehlen dürfen. Bekanntlich entdeckte Evangelista Torricelli im Jahre 1643 die Wirkung des Luftdruckes, durch welchen die Quecksilbersäule in der Glasröhre getragen wird, und Pascal, um die neue Theorie zu widerlegen, veranlafste erst in einem Briefe vom 15. Novbr. 1647 seinen Schwager Perrier zu Clermont, das Barometer auf den 500 Toisen hohen Puy de Dome zu tragen, welches dieser am 19. Nov. 1649 vollführte und dann bemerkte, dafs die Quecksilbersäule dort um 3″ 1‴,5 niedriger stand, als am Fufse dieses Berges[3]. Hiernach hält man Pascal allgemein für den Erfinder des barometrischen Höhenmessens. Allein mit dieser, aus den hier genau angegebenen Thatsachen entnommenen Folgerung stimmt nicht überein, was Libri[4] aufgefunden hat, wonach Beriguardus[5] erzählt, dafs schon 1643 die eben erfundene Torricelli'sche Röhre in Toscana zum Messen der Berghöhen gebraucht worden sey.

13) Ueber die Verfertigung der Barometer möge hier noch nachträglich bemerkt werden, dafs nach Winkler[6] die Reinigung des Quecksilbers am leichtesten und sichersten bewerkstelligt wird, wenn man einen Theil reinen Schwefel schmelzt,

1 S. *Atmometer*. Bd. I. S. 432.

2 S. *Barometer*. Bd. I. S. 759.

3 De Luc Recherches sur les modifications de l'Atmosphère. T. I. p. 222.

4 Ann. Chim. et Phys. T. XLVI. p. 856.

5 Circulus Pisanus T. VII. p. 621. ed. 1643.

6 Buchner Report. Bd. XXXII. S. 269.

unter stetem Umrühren 6 Theile Quecksilber zusetzt, falls die Masse sich entzünden sollte, sie sogleich bedeckt und dann das erhaltene Schwefelquecksilber aus einer irdenen oder eisernen Retorte destillirt.

14) Die verschiedenen Constructionen der Barometer sind bereits oben so vollständig angegeben worden, dafs es mir überflüssig scheint, die seitdem bekannt gewordenen Abänderungen derselben hier ausführlich zu beschreiben, weil sie im Wesentlichen mit der einen oder der andern der angegebenen Arten übereinstimmen. Das Fortin'sche und das Horner'sche Barometer scheinen mir noch immer den Vorzug zu verdienen, jedoch müfste letzteres mit einem Stifte versehn und das Niveau des Quecksilbers im Gefäfse mit diesem in Berührung gebracht werden, weil es sich auf diese Weise schärfer, als unter den Rand des Ringes, einstellen läfst, wovon ich mich selbst durch den Gebrauch überzeugt habe. Inzwischen sind allerdings einige zweckmäfsige Constructionen vorgeschlagen worden, z. B. von Buntén[1], von Parrot[2] dasjenige, dessen er sich auf seiner merkwürdigen Reise nach dem Ararat bediente, wobei er insbesondere Dauerhaftigkeit und Leichtigkeit des Einsetzens einer neuen Röhre nach dem Zerbrechen der ursprünglichen beabsichtigte. Adie zu Edinburg macht vortreffliche Barometer nach Fortin'scher Einrichtung und versieht sie oben mit einer kleinen Dosenlibelle, um von ihrer verticalen Richtung versichert zu seyn, allein dieses scheint mir unnöthig, da letztere durch das Gewicht des Quecksilbers im Gefäfse bei hinlänglicher Beweglichkeit und zweckmäfsiger Aufhängung von selbst hervorgebracht wird[3]. Die Construction der Pistor'schen Heberbarometer in ihren wesentlichsten Theilen hat auch Breithaupt[4] gewählt und verfertigt hiernach vorzüglich genaue Apparate dieser Art. Bei Höhenmessungen auf Reisen findet Hisinger[5] das Ablesen der Scale beider Schenkel des übri-

1 Journ. de Chim. medicale T. IV. p. 238. Annal. de l'Industrie nat. et étrang. N. 78. Wiener Zeitschr. Th. II. S. 74.

2 Reise zum Ararat. Berl. 1834. Th. II. S. 1 ff.

3 Eine detaillirte Beschreibung des eisernen Gefäfses findet sich in Edinb. Journ. of Sc. New Ser. N. II. p. 338. Das Barometer selbst habe ich bei Galbraith in Edinburg gesehn.

4 Poggendorff Ann. XXXIV. 41.

5 Poggendorff Ann. VII. 33.

gens sehr zweckmäſsigen Barometers von Gay-Lussac zeitraubend und Beobachtungsfehler veranlassend[1], weswegen er an seinem Reisebarometer die Veränderung anbrachte, daſs der Nullpunct der verschiebbaren Scale auf die Quecksilberfläche im untern Schenkel eingestellt und dann bloſs am obern Schenkel abgelesen wurde. Setzt man einmal die Genauigkeit der Heberbarometer als genügend voraus, so ist diese Einrichtung allerdings empfehlenswerth; inzwischen hat auch Gay-Lussac sein Barometer in der Art abgeändert, daſs man bloſs am kürzern Schenkel abliest, was jedoch voraussetzt, daſs die Quantität des darin enthaltenen Quecksilbers unverändert bleibt, dagegen aber die Correction wegen der Temperatur bloſs auf die Quecksilbersäule im kürzern Schenkel beschränkt und dadurch fast ganz unnöthig macht.

15) Bei Barometern, die für den Transport, namentlich auf Reisen, oder zum Höhenmessen bestimmt sind, vermeidet man die durch Kupffer[2] aufgezählten Ursachen zu Fehlern leicht soweit, daſs man hinlänglich genaue Resultate erhält, allein sobald es auf die Ausmittelung der absoluten Barometerhöhe an irgend einem Orte ankommt, genügen diese nicht. Die Unsicherheit, welche nach der Fortin'schen Construction daraus erwächst, daſs sich die obere Wölbung des Quecksilbers nicht leicht mit dem Rande des Ringes in eine Ebene bringen läſst, wird nach Horner's Einrichtung dadurch vermieden, daſs man unter dem Ringe hin visirt, die völlig verticale Richtung des Barometers ist durch seine Construction von selbst gegeben und die Richtigkeit der Scale, die in der Spitze des das Quecksilber im Gefäſse berührenden Stiftes ihren Anfang haben muſs, ist gegenwärtig ohne groſse Schwierigkeit wohl zu erreichen; allein die übrigen zwei gerügten Ungewiſsheiten, nämlich die Coincidenz der Schärfe des Läufers mit dem Nullpuncte des Nonius und der Einfluſs der Capillarität, sind nach den neuesten Untersuchungen hierüber so schwer zu vermeiden, daſs kein anderes Mittel übrig bleibt, als die gewöhnlichen Barometer nach irgend einem genauen Normalbarometer abzugleichen, was auch von den vorzügli-

1 Dieser Vorwurf ist jedoch mit Wahrscheinlichkeitsgründen nicht wohl vereinbar.

2 Poggendorff Ann. XXVI. 446.

chern Künstlern bisher schon zu geschehn pflegte, da ohne dieses Mittel die bessern Barometer diejenige Uebereinstimmung nicht zeigen würden, die man an ihnen wahrnimmt. Kupffer hat ein Heberbarometer angegeben, bei welchem die meisten der genannten Fehler vermieden sind, allein die Beobachtung desselben ist sehr zusammengesetzt und dadurch zeitraubend, außerdem aber ist zwar der Einfluſs eines geringen Antheils Luft im Vacuum des Instruments auf eine sehr sinnreiche Weise vermieden, allein sofern bei nicht ausgekochten Barometern sich nach und nach etwas mehr Luft aus dem Quecksilber auszuscheiden pflegt und hierdurch die Capillardepression eine Aenderung erleidet, letztere aufserdem von der Eigenthümlichkeit des Glases abhängt, so wird auf diese Weise die gesuchte absolute Genauigkeit doch nicht vollständig erreicht, diejenige Unsicherheit nicht zu erwähnen, welche hinsichtlich der nicht angegebenen Weite der Röhren, namentlich in Beziehung auf Heberbarometer, stets noch zurückbleibt.

16) Seit der Bekanntwerdung des Art. *Barometer* in diesem Werke und zum Theil hierdurch veranlaſst wurde die Aufmerksamkeit der Physiker vorzüglich auf die Construction genauer Barometer gerichtet, hauptsächlich weil man sich in Folge der von der Berliner Akademie im Jahre 1823 ausgegangenen Aufforderung zu gleichzeitigen Beobachtungen an den bekanntesten Orten Deutschlands überzeugte, daſs die von de Luc so sehr empfohlenen Heberbarometer, obgleich sie die absolute Länge der durch den Luftdruck getragenen Quecksilbersäule unmittelbar angeben, doch namentlich wegen des unbestimmbaren Einflusses der Capillarität[1] dasjenige nicht leisten, was man sich von ihnen versprach. Zwei einander wechselseitig bedingende Hindernisse eines richtigen Ganges waren es vorzüglich, die bei dem Barometer beseitigt werden muſsten, wenn sie zuverlässige Apparate seyn sollten, und ohne welche aller Fleiſs der Künstler vergebens an ihnen verschwendet war. Als erste Ursache zu Fehlern ist die Capillarität zu nennen, die für feine Bestimmungen nicht bloſs Unrichtigkeiten der absoluten Barometerhöhen herbeiführt, sondern bei engen Röhren auch mit einer Unempfindlichkeit zusammenfällt, welche die feinsten Oscillationen wahrzunehmen

1 Vergl. Kupffer in Mém. de Petersbourg. VIme Sér. T. II.

hindert. Insbesondere erwarb sich Bohnenberger[1] das Verdienst, unwiderleglich nachzuweisen, daſs die Capillardepression eine andere sey im Torricelli'schen Vacuum, als bei der Berührung mit Luft, weswegen Heberbarometer stets zu hoch seyn müſsten. Auſserdem aber stellte er ganz in Abrede, daſs die Capillardepression nach der Theorie von La Place corrigirt werden könne, weil die Gestalt der Curve, welche die Oberfläche des Quecksilbers in ungleich weiten Röhren bildet, nicht wohl bestimmbar ist. Selbst die Tafel, welche Bouvard[2] berechnet hat, giebt Werthe, welche von den wirklich gefundenen bedeutend abweichen, und ebendieses ist nach einer durch Poggendorff[3] angestellten Vergleichung der Fall mit derjenigen Tabelle, welche Poisson[4] gegeben hat und nicht minder mit derjenigen, welche auf die Bestimmung der Constanten durch Eckhardt und Schleiermacher gegründet und oben[5] mitgetheilt worden ist.

17) Um zu absolut richtigen Resultaten zu gelangen, lieſs v. Bohnenberger ein sogenanntes *Normalbarometer* verfertigen, ein wahres Rieseninstrument, dessen Röhre 14,5 par. Lin. und dessen Gefäſs 5 Zoll Durchmesser hatte. Letzteres war so eingerichtet, daſs auch andere Röhren von geringerem Inhalte in dasselbe eingesenkt eine Messung und Vergleichung ihrer Depression gestatteten, die man bei der groſsen wohl als ganz

---

1 Naturwissenschaftliche Abhandlungen, herausgegeben von einer Gesellschaft in Würtemberg. Tübing. 1827. Th. I. S. 219 u. 389.

2 In Connaissance des Tems pour l'an 1829. p. 308.

3 Dessen Annalen. Bd. XXVI. S. 462.

4 Nouvelle Théorie de l'action capillaire. p. 289.

5 S. Art. *Barometer*. Bd. I. S. 909. Die Mitglieder der Akademie zu Turin beobachteten schon in der Mitte des vorigen Jahrhunderts die ungleichen Höhen der Quecksilbersäule in Barometerröhren von verschiedener Weite; sie suchten hierfür und für den Einfluſs der Wärme die erforderlichen Correctionen auf, aber nur mit derjenigen Genauigkeit, die in der damaligen Zeit zu erwarten war. S. Miscellan. Taurin. 1759. T. I. p. 7. Auch Cavendish berechnete Tafeln für die Capillardepression bei Barometern. S. Philos. Trans. 1776. p. 386. Am bekanntesten und am meisten gebraucht sind die von Bouvard, nach Laplace's Theorie, in Connaiss. des Tems 1812. p. 320. und 1829. p. 308. Hierauf sind auch die durch v. Zach berechneten gegründet. S. Nuove tavole barometriche e logaritmiche. Genova 1818. p. 50.

vermieden betrachten darf. Eine Vergleichung ergab unter dieser Voraussetzung folgende Resultate.

Durchmesser	5,81 par. L.	3,02 par. L.	2,15 par. L.
Depression	0''',036	0''',331	0''',575
	32	335	577
	35	336	569
	33	332	597
	35	334	582
	36	333	568
Mittel	0''',034	0''',333	0''',578

Rücksichtlich der so gefundenen Capillardepressionen ist Verschiedenes zu bemerken, vorläufig möge aber genügen, nur das wichtige Ergebnifs hervorzuheben, dafs eben nach einer Vergleichung hiermit die durch Rechnung gefundenen Depressionen zur genauen Correction dieser Gröfse unzulänglich sind.

Da solche Normalbarometer nicht wohl transportirt werden können, zugleich aber für den jetzigen Zustand der Wissenschaft an den Hauptbeobachtungsstationen fast unentbehrlich sind, so ist es um so wichtiger, hier eine Beschreibung des genannten aufzunehmen und diese durch eine Zeichnung des Ganzen und seiner einzelnen Theile zu erläutern. Auf dem Fufsbrete A B von 10,5 Z. Durchmesser und 2,5 Z. Dicke stehn die zwei hölzernen Säulen A C und B D. Sie lassen sich bei E, F auseinander schrauben, um das Zwischenstück E F, welches seiner Wichtigkeit wegen besonders gezeichnet worden ist, aufzunehmen. Oben sind die Säulen durch ein ähnliches, vermittelst eiserner Schrauben auf ihnen befestigtes Stück verbunden. Beide Zwischenstücke haben einen gleichen halbkreisförmigen Ausschnitt, welcher zur Aufnahme der Röhren von verschiedener Dicke dient, und über ihnen ist das messingne Band a b, a' b' aufgeschraubt, dessen Zweck später angegeben werden soll. Beide Stücke haben am Ausschnitte drei andere halbkreisförmige Ausschnitte R, r, r' von ungleicher Gröfse, deren Axen also in der Oberfläche eines Cylinders liegen, dessen geometrische Axe die Bänder a b, a' b' in g schneidet, um mit der verticalen Axe des mikroskopischen Beobachtungsapparates zusammenzufallen. Die kleineren Röhren werden in

Fig. 259. Fig. 260.

diesen (wohl vortheilhaft vorher mit aufgeklebtem weichem Leder ausgekleideten) Ausschnitten r und r′ vermittelst aufgeschraubter Haken und zwischengelegten Papiers festgehalten, die gröſsere Röhre von 14,5 Lin. Weite durfte unten nicht auf einer Unterlage ruhn, weil an solchen Körpern leicht Luftblasen aufsteigen, es wurde daher an der geeigneten Stelle Papier übergeleimt und über dieses eine inwendig rauh gemachte, aus zwei Hälften bestehende, messingne Hülse, in deren Rauheiten sich das noch nasse Papier drückte, mittelst Schrauben angezogen, deren hervorstehende Ränder die Röhre auf dem Zwischenstücke bei R so schwebend erhalten, daſs ihre Mündung einen Zoll vom Boden des Gefäſses PQ entfernt bleibt. Auſserdem dienen zum Festhalten derselben in den zwei halbkreisförmigen Ausschnitten oben und unten noch zwei messingne Bänder, die mittelst der Schrauben s, s′ angezogen werden.

Zum Messen der absoluten Länge der Quecksilbersäule dient eine eigene mikroskopische Vorrichtung. Auf dem 16,75 Zoll langen, 10 Lin. weiten hohlen messingnen Cylinder LM Fig. 261. ist die Scale aufgetragen. Aus diesem laufen oben und unten die eisernen Axen m und Mhl aus, wovon die erstere cylindrisch und bloſs oben etwas konisch ist, die letztere hat bei h einen Absatz und unten eine stählerne Spitze l, welche bei jeder Beobachtung mit der Oberfläche des Quecksilbers im Gefäſse zur Berührung gebracht wird. Sie ist bei k mit einer messingnen Hülse angeschraubt, die durch eine andere Schraube fest angezogen wird. Innerhalb der Röhre LM sind zwei andere durch eine gezahnte Stange verschiebbare, deren obere das kleine, in der Axe der LM bewegliche, zusammengesetzte Mikroskop Nq trägt. Auf dem Stücke, welches dieses Mikroskop trägt, befindet sich der Nonius, mittelst dessen die Linie in 100 Theile getheilt ist und welcher durch das Getriebe bei O bewegt wird. Der cylindrische Theil m der Axe paſst genau in die Oeffnung g des messingnen Bandes a′ b′, auf dem untern Bande ab sitzt ein kurzer hohler Cylinder cd, in Fig. 262. welchen ein anderer fg eingeschraubt ist, durch dessen Oeffnung die Axe h nach dem Abschrauben der Spitze kl gesteckt werden kann. Man übersieht bald, daſs hiernach die Axe mk mit den Axen der Barometerröhren parallel läuft und mit der geometrischen Axe eines Cylinders zusammenfällt, in dessen

Peripherie sich die Axen der Barometerröhren befinden, durch den eingeschraubten Cylinder fg aber wird es möglich, die stählerne Spitze l der Axe mit der Oberfläche des Quecksilbers im Gefäſse genau zur Berührung zu bringen. Zur Herstellung des verticalen Standes dient eine Libelle, welche als rectificirt vorausgesetzt wird und in diesem Falle durch die im Fuſsbrete angebrachten, in der Zeichnung weggelassenen Schrauben zum Einspielen gebracht werden kann, nachdem sie mit ihrer Hülse auf die konische Spitze m der Axe gesteckt worden ist. Sollte die Libelle nicht richtig seyn, was sich durch Umdrehn um ihre verticale Axe zeigen müſste, so kann sie auf die bekannte Weise rectificirt werden, indem man den halben Fehler durch die Stellschrauben des Fuſsbretes, die andere Hälfte desselben durch die an ihr befindlichen Correctionsschrauben verbessert. Es versteht sich von selbst, daſs der Absatz bei h auf der genau ebenen Fläche des Schraubenkopfes f ruhe und die Axe sich leicht in der Höhlung fg bewege, ohne den eingeschobenen Cylinder durch ihre Umdrehungen höher oder niedriger zu schrauben. Es ist zwar nicht zu erwarten, daſs bei einer genauen Ausführung der Arbeit der Spinnenfaden im Mikroskop nicht in einer horizontalen Ebene liegen oder bei seiner Umdrehung um die verticale Axe der Stange LM eine andere, als horizontale Bewegung machen sollte; allein es muſs dieses dennoch controlirt werden, was auf sehr einfache Weise dadurch geschieht, daſs man den Faden genau auf irgend einen festen Punct richtet und sich durch Umdrehn des Mikroskops um die verticale Axe überzeugt, daſs er diesen nie verläſst. Die Richtigkeit der Scale und des Nonius an sich muſs der Künstler verbürgen, ob aber durch beide die eigentliche Länge der Quecksilbersäule im Barometer gemessen werde, dieses zu controliren dient die Berichtigungsstange, welche aus fast 3 Lin. dickem Eisendrahte genau 27 Zoll lang, auch oben und unten in feine Spitzen auslaufend, an einer der Säulen AC oder BD so aufgehangen wird, daſs ihre untere Spitze die Quecksilberfläche im Gefäſse berührt, die obere dagegen mit dem Spinnenfaden im Mikroskope zusammenfallend eine genaue Prüfung gestattet, ob das Null des Nonius mit 27 Zoll der Scale zusammenfällt. Diese zur künftigen wiederholten Controle am Apparate bleibende Stange ist oben in der Länge von 1,5 Zoll

zur Schraube geschnitten und am untern Ende dieses Gewindes mit einer ränderirten messingnen Scheibe versehn, um vermittelst dieser die ganze Stange leicht um ihre verticale Axe drehn zu können. Mit ihrem Gewinde wird sie in einem messingnen Ringe festgeschraubt, welcher nach der Art des Aufhängens von Schiffscompassen am Ende eines aus der Säule hervorstehenden Armes beweglich festsitzt. Durch Umdrehn der Berichtigungstange um ihre verticale Axe läfst sich, da sie durch ihr eigenes Gewicht nothwendig eine lothrechte Richtung annehmen mufs, ihre untere Spitze genau mit der Oberfläche des Quecksilbers im Gefäfse zur Berührung bringen, und wenn dann beim Coincidiren des Spinnenfadens mit der obern Spitze die Scale nicht genau 27 Zoll zeigt, so läfst sich dieses durch Umdrehung der Schraube bei k leicht berichtigen.

Hiernach unterliegt die möglichst erreichbare Genauigkeit dieses Apparates keinem Zweifel, allein die Beobachtungen an demselben sind schwierig, weil sich die grofse Fläche, auf welcher noch aufserdem bei der geringsten Erschütterung eine Menge kleiner Wellen entstehn, nicht gut übersehn und unterscheiden läfst. Zur Erleichterung hat Bohnenberger einen federnden Ring aus dünnem Messingblech bei K über die Röhre herabgeschoben, um blofs einen feinen Lichtstreifen über der Oberfläche des Quecksilbers durchfallen zu lassen, und aufserdem ist auch das Mikroskop so eingerichtet, dafs es nur einen solchen Streifen durchläfst. Bei der Prüfung der Scale mufs auf die Temperatur und die ungleiche Ausdehnung der Metalle Rücksicht genommen werden, was am leichtesten geschieht, wenn man die Rectificirung der nach altfranzösischem Mafse getheilten Scale bei der Normaltemperatur von 13° R. vornimmt, aber auch bei den Beobachtungen ist die Temperatur um so vorsichtiger zu berücksichtigen, je langsamer die grofse Masse des in der Röhre enthaltenen Quecksilbers seine Temperatur ändert. Solche Barometer sind jedoch nur als stationäre Apparate zu betrachten, die weniger zum täglichen Gebrauche, als vielmehr zur Rectificirung anderer Barometer, zu Untersuchungen über die Capillarität und zu andern, nicht so oft wiederkehrenden feinen Messungen dienen; sie müssen daher sehr fest aufgestellt seyn und sich an Orten befinden, wo die Temperatur nicht leicht wechselt. Inzwischen

können sie auch füglich zu täglichen Beobachtungen benutzt werden, wenn man bei jeder einzelnen nicht den höchsten Grad der mit ihnen erreichbaren Genauigkeit beabsichtigt, vor allen Dingen aber dienen sie zur Rectificirung der gewöhnlichen Barometer.

18) Bohnenberger nimmt selbst an, dafs bei Röhren von 6 und mehr Linien Weite die Capillarität verschwindet, und solche lassen sich daher gleichfalls zu Normalbarometern anwenden. Von dieser Art sind die Heberbarometer, welche in der Werkstatt von Pistor und Schiek zu Berlin verfertigt werden, wovon das erste sich auf der dortigen Sternwarte befindet, andere nach Altona, Königsberg, Kopenhagen, Stockholm, Helsingfors, Danzig u. s. w. geliefert worden sind[1]. Hierbei hat der längere Schenkel in der Mitte eine doppelte Biegung, so dafs die Axe des wieder aufgebogenen kürzern Schenkels mit der des obern Theils des längern in eine verticale Ebene fällt. Die Scale besteht aus einem Lineale von Messing und ist unten mit einem festen Mikroskope, oben mit einem auf dem Nonius festsitzenden und mit diesem durch eine Mikrometerschraube beweglichen versehn; sie läfst sich leicht vom Instrumente abnehmen, um sie auf einem genauen Etalon zu rectificiren, indem man das obere Mikroskop auf 28 Zoll stellt und das untere vermittelst einer Stellschraube richtet, bis die Spinnenfäden beider Mikroskope mit den auf dem messingnen Etalon in Silber eingeschnittenen, genau 28 Zoll von einander abstehenden, feinen Linien coincidiren, wobei die jedesmalige Temperatur vernachlässigt werden kann, da beide von Messing sind, die absolute Richtigkeit des Etalons vorausgesetzt. Scale und Nonius, beide auf Silber getheilt, liegen in einer Ebene und geben Hundertstel einer par. Lin. Um das Barometer genau vertical zu hängen, wird eine starke Bohle vermittelst eingegypster Schrauben an der Wand befestigt, diese trägt zwei eiserne Arme, den untern am Ende mit einer Pfanne von Glockenspeise versehn, worin ein die Last des Barometers tragender stählerner Conus ruht, der obere trägt einen vermittelst Schrauben beweglichen Stift, auf welchem der am obern Ende des Barometers befestigte Ring hängt und welchen man in seinen Charnieren durch die

1 Poggendorff Ann. XXVI. 451.

Schrauben so lange richtet, bis das Senkel die verticale Richtung der Röhre anzeigt. Auf diese Weise kann das Barometer nach allen Seiten gedreht, zugleich auch aus der unteren Pfanne gehoben werden, um es gegen den Horizont zu neigen und sich von der Abwesenheit der Luft über dem Quecksilber im längern Schenkel zu überzeugen. Auch dieses Barometer, ebenso wie das Bohnenberger'sche, ist so empfindlich, dafs die feinen Oscillationen, selbst bei blofsem starkem Luftzuge im Zimmer, nie aufhören, was dann, aufser der Gröfse der Oberfläche, die Beobachtungen bei beiden ausnehmend erschwert. Bei diesen Heberbarometern, deren Vortrefflichkeit gewifs nicht in Abrede zu stellen ist und bei denen die Schönheit der Ausführung allgemeinen Beifall und Bewunderung findet, bleibt immer noch der Zweifel übrig, ob auch bei dieser Weite der Röhre die Capillarität in dem der freien Luft ausgesetzten Schenkel auf gleiche Weise verschwindet, als in dem luftleeren, von welchem allein Bohnenberger redet; aufserdem aber kommt noch eine Frage über den individuellen Einflufs des Glases in Betrachtung, welcher die Heberbarometer überhaupt in einem stärkeren Grade treffen würde und wovon weiter unten die Rede seyn wird.

19) Barometerbeobachtungen zur Ausmittelung der Gesetze, denen der veränderliche Luftdruck unterworfen ist, werden so häufig angestellt, dafs es sich wohl der Mühe lohnt, über die Art der Barometer, die man hierzu wählen mufs, einige Worte zu sagen. Sollen diese Beobachtungen blofs dazu dienen, um den Gang der Witterung zu beachten und mit genäherter Wahrscheinlichkeit vorauszusagen, so genügen gewöhnliche Flaschenbarometer, die sich ohnehin leicht transportiren lassen; besser ist es jedoch und nicht kostbarer, nach der Methode von Placidus Heinrich, ausgekochte 2 bis 2,5 Lin. weite Röhren in ein Glas mit Quecksilber zu senken, beide auf einem geeigneten Brete zu befestigen, das Gefäfs mit einem Pappdeckel gegen Staub zu sichern und auf dem Brete entweder eine papierne Scale hinter der Röhre oder zur Seite derselben eine messingne mit einem Nonius zu befestigen. Hierbei wird jedoch vorausgesetzt, dafs das einmal aufgehängte Barometer, wenigstens der Regel nach, an seiner Stelle stets bleibe. Sollen die Beobachtungen genauer seyn und zur Vergleichung mit andern, etwa wegen Höhenbestim-

mungen, dienen, wobei es selten auf weniger als etwa 0,1 bis 0,3 Lin. Unterschied ankommt, so genügen die von guten Künstlern verfertigten Fortin'schen, Horner'schen, Pistor'schen, insbesondere die vorzüglichen durch Buzengeiger in Tübingen gelieferten Heber - oder Gefäſsbarometer. Verlangt man noch gröſsere Genauigkeit, hauptsächlich aber an den Hauptbeobachtungsstationen, so sollte hierzu billig ein Normalbarometer dienen, welches zwar nicht die colossale Gröſse des Bohnenberger'schen haben muſs und daher auch weniger kostbar seyn kann, aber doch dem Wesen nach zu dieser Classe gehört. Solche Barometer bestehn am besten aus einer über 6 par. Linien weiten Röhre und einem 5 bis 6 Zoll Seite haltenden quadratischen Gefäſse von lackirtem Eisenblech, welches etwa 2 Zoll hoch mit Quecksilber gefüllt und durch einen genau schlieſsenden Deckel gegen Staub geschützt seyn muſs. Die in dasselbe eingesenkte Röhre darf nicht bis auf den Boden herabgehn, sondern ihre Mündung muſs sich etwa 0,5 Z. über demselben befinden. Die Röhre wird auf einem starken Brete von hartem, wohlgetrocknetem Holze befestigt, an dessen unteres Ende das Gefäſs angeschraubt worden ist, jedoch darf die Röhre dem Rande desselben nicht zu nahe kommen und befindet sich am besten in dessen Mitte, was sich durch einiges Abstehn von der Wand leicht erreichen läſst. Durch den Deckel des Gefäſses geht ein elfenbeinerner Stift herab, auf dessen eine flache Seite nahe unter dem obern Ende eine feine horizontale Linie eingeschnitten ist, deren Ende eine gleiche feine Linie berührt und mit ihr einen rechten Winkel bildet, die auf einem kleinen, in das Bret eingelassenen Stückchen Elfenbein gleichfalls horizontal eingeschnitten ist. Der Stift wird so weit herabgedrückt, daſs beide Linien in die nämliche horizontale Ebene fallen, und wenn dann die Länge des Stiftes von der Spitze bis zu seiner Linie bekannt ist, so kann der Künstler von dem Striche auf dem Brete an die Scale genau befestigen, auch durch ein über die Scale und unter dem zum Absehn bestimmten Ringe hin gelegtes Lineal den Nullpunct des Nonius und der Scale leicht zur Coincidenz bringen, wobei die vortheilhafte Einrichtung, daſs Nonius und Scale in einer Ebene liegen, vorausgesetzt wird. Bei sehr hartem Holze, wie man zu solchen Apparaten zu nehmen pflegt, und da die stets in Zimmern hängenden Barometer keinem bedeutenden

Wechsel der Feuchtigkeit ausgesetzt werden, ist ein Verziehn des Bretes nach den Längenfibern nicht zu fürchten, wie durch Kupffer geschieht, und es genügt daher, die Scale von der Länge einiger Zolle auf dem Brete zu befestigen; will man hiergegen aber gesichert seyn, so muſs die messingne Scale von unten an bis oben hinauf reichen und der Strich, welcher mit dem des Stiftes coincidirt, am untern Ende derselben eingeschnitten seyn. Bei einem so weiten Gefäſse kann man sich der Gefäſs-Correction, die für jede einzelne Beobachtung erforderlich sowohl mühsam als auch zeitraubend seyn würde, überheben und es genügt daher, bei ungefähr dem ohnehin nahe bekannten mittleren Barometerstande das Gefäſs so weit mit Quecksilber zu füllen, daſs seine Oberfläche genau die Spitze berührt, was man nach Bohnenberger sehr scharf ausmessen kann, wenn man mit einem Vergröſserungsglase das Bild beachtet, welches die Spitze des Stiftes auf der blanken Metallfläche erzeugt, oder die kleine Vertiefung, die beim Eintauchen sogleich erzeugt wird. Durch die Schwankungen über und unter dem mittleren Stande wird dann der Einfluſs des Gefäſses von selbst ausgeglichen.

20) In der neuern Zeit hat sich in Beziehung auf die Capillarität eine Schwierigkeit gezeigt, welche bei weitem bedeutender ist, als es auf den ersten Blick scheint. Früher glaubte man, dieser Einfluſs auf die absolute Länge der Quecksilbersäule in den Barometern lasse sich durch gehöriges Auskochen so weit beseitigen, daſs man bloſs nöthig habe, die obere Wölbung des Quecksilbers abzulesen oder die erforderliche Correction nach den darüber gefundenen Formeln anzubringen. Hierüber ist bereits das Nöthige gesagt worden[1]; allein es muſste dabei auffallen, daſs einige Physiker durch wiederholtes Auskochen die Convexität gänzlich beseitigt zu haben versicherten, andere dagegen nicht im Stande waren, eine völlig ebene Fläche zu erhalten. Ich selbst gehöre zu denen, die es nie dahin zu bringen vermochten, glaubte jedoch wegen des von mir angeführten Ciarci'schen Barometers von G. G. Schmidt, es läge dieses an der Unvollkommenheit des Auskochens. Um so mehr wurde ich überrascht, als Pistor in Berlin, welcher mit ebensoviel Eifer als Glück sich die Verbesserung und Ver-

1 S. Art. *Barometer.* Bd. I. S. 907.

vollkommnung aller physikalischen Apparate angelegen seyn läfst, auch versicherte, die Barometer dürften nicht ausgekocht, sondern müfsten blofs mit vorher zum Sieden erhitztem und noch warmem Quecksilber gefüllt werden, weil sie sonst eine nachtheilige Capillarattraction zeigten. Einen Versuch, wodurch er dieses zu beweisen sich zuvorkommend erbot, konnte ich aus Mangel an Zeit nicht abwarten, gestehe aber, dafs ich nach eigenen, an vielleicht funfzig Röhren gemachten Erfahrungen nicht zur Ueberzeugung gebracht wurde. Bohnenberger hielt das Auskochen der Barometerröhren für so nothwendig, dafs er der grofsen Schwierigkeiten ungeachtet seine 14,5 Lin. weite Röhre auskochen liefs. Dulong[1] wollte gefunden haben, dafs durch die Hitze etwas Quecksilber oxydirt werde und dann das beigemessene Oxyd die Capillardepression erzeuge, weswegen er vorschlug, das Sauerstoffgas abzuhalten; allein Poggendorff zog wegen der erwähnten, durch Pistor und Schiek gemachten Erfahrungen diese Erklärung in Zweifel, die an sich nicht wahrscheinlich ist. Unterdefs nahmen Schumacher und Bessel[2] wahr, dafs die trefflichen Pistor'schen Barometer mit Röhren von 7 Lin. Weite zuerst Capillarattraction durch eine etwas concave Oberfläche und nach dem Herauslassen von etwas Luft aus dem Torricelli'schen Raume eine ungewöhnlich starke Capillardepression zeigten[3]. Eine nähere Untersuchung dieser Thatsache führte zu dem leider gewissen und ebendaher höchst unangenehmen Resultate, dafs die verschiedenen Glassorten eine ungleiche Adhäsionskraft gegen das Quecksilber zeigen, weswegen allgemeine Formeln zur absolut genauen Correction der Capillardepression wohl aufser dem Bereiche der Möglichkeit liegen[4]. Man ist seitdem von selbst dahin übereingekommen,

---

1 Aus Nouvelle Théorie de l'action capillaire par M. Poisson p. 291. in Poggendorff Ann. XXVI. 455.

2 Astronomische Nachrichten 1832. N. 175. Daraus in Poggendorff Ann. XXVI. 455.

3 Ein vor einigen Jahren von mir verglichenes Pistor'sches Reisebarometer zeigte eine schräge Oberfläche, offenbar in Folge ungleicher Adhäsion des Quecksilbers an den Wandungen des Glases.

4 Ein ganz vorzügliches Gefäfsbarometer von Loos, welches ich seit 1811 stets beobachte und welches bei allen zahlreichen Vergleichungen sich stets als ausnehmend genau bewährte, auch die vorhan-

und auch Pistor hat die Nothwendigkeit hiervon eingesehn, dafs es am sichersten ist, hartes Glas zu Barometerröhren zu wählen, und insbesondere zeichnen sich diejenigen vortheilhaft aus, welche von Buzengeiger[1] in Tübingen gebraucht werden. Die sonst so ausnehmend hellen und leicht zu behandelnden Röhren von pariser Glase sind nicht zu empfehlen, weil sie zu viel Metalltheile enthalten, auch zeigt sich bei solchen Röhren, in deren Masse eine zu grofse Menge Kali enthalten ist, oft über dem Quecksilber ein opalisirender, ins Gelbliche spielender Ueberzug, welcher von etwas ausgeschwitztem, anfangs wieder resorbirtem, nachher aber auf der Oberfläche sich ansetzendem Kali herrühren soll. Sind dann die Barometer aus gut geeignetem Glase verfertigt, so läfst sich mindestens mit Grunde erwarten, dafs sie sich durch den Einflufs der Zeit nicht verändern, wenn man sie gegen zufälliges Hineindringen von Luft bewahrt. Zur Correction der Capillarität könnte man am besten die durch Bohnenberger gefundenen Gröfsen anwenden, wonach die Depression bei 5''',81 Weite 0''',034, bei 3''',02 Weite 0''',333 und bei 2''',15 Weite 0''',578 beträgt, welche Gröfsen sich ohnehin leicht interpoliren und auf die üblichen Durchmesser der Barometerröhren anwenden lassen; allein wegen des nicht leicht bestimmbaren Einflusses der eigenthümlichen Glassorte ist es stets am sichersten, eine Vergleichung mit einem geprüften Nor-

---

dene Wölbung so unverändert beibehalten hat, dafs ich der Bequemlichkeit wegen den scharfen Rand der Quecksilbersäule ablese und die Wölbung als constante Gröfse zum mittlern Stande addire, zeigte vor kurzer Zeit zu meinem gröfsten Erstaunen bei einem ungewöhnlich tiefen, aber bereits vielmal überschrittenen Stande eine völlig ebene Oberfläche. Durch wiederholtes Klopfen und mehrmaliges Oscilliren der Säule wurde der Stand im mindesten nicht abgeändert, war aber nach dem daneben hängenden, oft verglichenen Horner'schen Barometer 0,25 Lin. höher, als der Rand des Quecksilbers stehn mufste. Nach einigen Stunden war das Barometer etwa eine Linie gestiegen und die frühere Convexität vollkommen wieder hergestellt. Nach dieser überraschenden Erfahrung ist mein Vertrauen auf die Zuverlässigkeit der übrigens vortrefflichen Barometer bedeutend vermindert, auch glaube ich bemerkt zu haben, dafs die Barometerröhren dadurch Capillar-Attraction annehmen, wenn sie anhaltend den auffallenden Sonnenstrahlen ausgesetzt sind.

1 Astronomische Nachrichten. Jahrg. 1830. N. 190.

malbarometer anzustellen, womit billig jedes gröfsere physikalische Cabinet früher, als mit andern, meistens nur zur Belustigung dienenden Apparaten versehn seyn sollte. Im Ganzen ist jedoch die Abweichung der verschiedenen Barometer von einander so grofs nicht, als man nach den angestellten Betrachtungen fürchten müfste, denn nach den Vergleichungen von SCHÜBLER[1] steht HORNER's Gefäfsbarometer 0,06, FORTIN's Gefäfsbarometer auf dem St. Bernhard 0,02, desselben Gefäfsbarometer auf der Sternwarte zu Genua 0,06, CARLINI's Barometer zu Mailand 0,07 par. Lin. niedriger, als das Normalbarometer von 14,5 Lin. Durchmesser zu Tübingen.

21) Nach den gehaltreichen Untersuchungen von BOHNENBERGER und den Erfahrungen von BESSEL, deren Gewicht noch durch das Zeugnifs von POGGENDORFF[2] erhöht wird, welcher an dem trefflichen Pistor'schen Barometer keineswegs eine constante Gestalt der Quecksilberfläche wahrnahm, indem sie sich vielmehr bald von schöner Wölbung, bald flach und undeutlich in ihren Umrissen zeigte, unterliegt es wohl keinem Zweifel mehr, dafs man die von hartem, wenig Kali enthaltendem Glase gewählten Barometerröhren auskochen müsse; denn ohne dieses Mittel ist die Entfernung von Luft, die sich selbst beim Eingiefsen des Quecksilbers eindrängt, gar nicht möglich. Diese Operation hat jedoch bei weiten Röhren, deren innerer Durchmessr 6 par. Lin. übersteigt, sehr grofse Schwierigkeiten, insbesondere wenn man sie bis ans obere Ende der Röhren fortsetzen will. BOHNENBERGER kochte den untern Theil seiner Röhre in einer Sandcapelle aus, schob dann über den hervorragenden Theil einen kleinen Ofen, welcher in seiner Axe eine aus Draht geflochtene Höhlung hatte, und kochte so bis ans Ende aus, indem stets bis nahe zum Sieden erhitztes Quecksilber nachgegossen wurde. Dieses Verfahren ist gefährlich und auf jeden Fall abschreckend mühsam, aufserdem aber unsicher, insofern das zugegossene, noch Luft enthaltende oder beim Eingiefsen auffangende Quecksilber, sobald es kälter ist, als das in der Röhre befindliche, durch sein gröfseres Gewicht sogleich herabsinkt und sich dem Sieden entzieht. Das vorgeschlagene Mittel, die zu Gefäfsba-

---

1 Kastner's Archiv Bd. VII. S. 74.

2 Dessen Annalen XXVI. 453.

rometern bestimmten Röhren länger zu lassen und erst nach dem Auskochen abzuschneiden, ist zwar ausführbar, hat aber sehr grofse Schwierigkeiten; denn einestheils läfst sich eine solche, 6 oder auch nur 3 Lin. weite Röhre überhaupt schwer manipuliren, anderntheils springt sie nur selten so glatt ab, dafs man mit dem Finger die scharfen Ränder verschliefsen und die Oeffnung unter das Quecksilber des Gefäfses bringen könnte; an ein Verschliefsen mit einer Glasplatte ist aber bei so abgesprengten Röhren gar nicht zu denken, weil sie hierzu keineswegs eben genug sind. Vielleicht wäre es am besten, die Röhren vor dem Auskochen am offenen Ende eben zu schleifen, um sie mit einer Glasplatte bedeckt unter die Oberfläche des Quecksilbers zu bringen, wobei man wohlthut, sie möglichst wenig gegen den Horizont zu neigen und dann die Glasplatte von oben herab zu drücken, damit die etwa anhängenden Luftbläschen nicht in die Röhre gleiten, beim Auskochen aber eine weitere Röhre überzuschieben und die Fuge mit etwas Asbest so weit zu verschliefsen, dafs das zu geringer Höhe in das obere Ende aufsteigende Quecksilber nicht durchdringt. Rücksichtlich des Verfahrens beim Auskochen bin ich noch fortwährend der Meinung, dafs das von Repsold empfohlene am vortheilhaftesten sey, nämlich die schräg gehaltene Röhre gleichzeitig ihrer ganzen Länge nach der erforderlichen Hitze auszusetzen, um auf einmal das gesammte enthaltene Quecksilber zum Sieden zu bringen. Sehr weite Röhren könnte man, nach dem gelungenen Versuche von Bohnenberger, im Sande liegend auskochen, was nebenbei den Vortheil gewährt, dafs sie langsamer abkühlen und man daher leichter die schwindende Masse des Quecksilbers durch neu hinzugegossenes zu ersetzen vermag.

22) Der Mechanicus Mauch aus Cöln zeigte bei der Versammlung der Naturforscher und Aerzte zu Bonn der physikalischen Section zwei vorzüglich gut gearbeitete Barometer, die sich dadurch unterschieden, dafs beide Schenkel, der lange und der kurze, inwendig so weit, als das Quecksilber möglicher Weise steigt und fällt, ausgeschliffen und dann wieder polirt waren. Hierdurch soll die Capillarität bedeutend vermindert werden. Die Oberfläche des Quecksilbers zeigten ungefähr eine gleich grofse convexe Wölbung, als in gewöhnlichen Baromentern von 2 bis 2,5 Lin. Weite, allein da das

Glas von der Sorte des harten war, so mufste dieses auch wohl der Fall seyn, und das Mittel verdient vermuthlich Empfehlung, weil es dagegen sichert, dafs nicht an einzelnen Stellen eine ungleich starke Capillarität statt findet.

Man hat die Frage aufgeworfen, ob die Quecksilberdämpfe im Torricelli'schen Vacuum bei verschiedenen Temperaturen einen Einflufs auf den Stand des Barometers ausüben. Nach dem, was über die Elasticität des Quecksilberdampfes bekannt ist, mufs man dieses verneinen, denn sie beträgt bei 100° C. nach Avogadro[1] nur ungefähr 0,01 par. Lin., und aufserdem versichert James Hudson[2], von Prout gehört zu haben, dafs dieser in einem heifsen Sommer sein Barometer durch verdampfenden Aether bis zu einer tiefen Temperatur abkühlte, ohne einen andern Unterschied wahrzunehmen, als welcher vom Zusammenziehn des Quecksilbers herrührte. Endlich behauptet Daniell, die Luft dringe zwischen dem Quecksilber und den Wandungen des Glases allmälig in das Torricelli'sche Vacuum, und er räth dieses durch einen Ring von Platin, welcher im freien Schenkel oder dem Gefäfse des Barometers über dem Rande des Quecksilbers angebracht werden soll, zu vermeiden. Als Beweis für diese Meinung dient ihm, dafs der mittlere Barometerstand nach den Manheimer Ephemeriden von 1787 bis 1792 geringer ist, als von 1781 bis 1786. Allein ein solcher wachsender Fehler aller Barometer müfste längst entdeckt worden seyn und namentlich findet sich keine Spur davon bei dem bekannten von Herrenschneider, welches 32 Jahre zu seinen Beobachtungen gedient hat, auch beweist Flaugergues[3] aus Beobachtungen von 1809 bis 1826, dafs der mittlere Stand des nämlichen Barometers von 27 Zoll 11,136 Lin. auf 27 Z. 11,601 Lin. stieg, was er (wohl schwerlich mit Recht) von der grofsen Menge der durch Verbrennung erzeugten Luft ableitet. Dafs übrigens beim Tragen der Barometer und aufserdem durch häufige Oscillationen des Quecksilbers leicht etwas Luft eindringen könne, läfst sich weder leugnen, noch auch bezweifeln; inzwischen wird dieses, nach meiner unmafsgeblichen Ansicht, durch einen solchen Platin-Ring eher befördert als gehindert.

1 Ann. Chim. Phys. 1832. Avr. T. XLIX. p. 369.
2 Philos. Trans. 1832. p. 591.
3 Biblioth. univ. T. XXXVI. p. 273.

23) Zu dem, was über *Wasserbarometer* bereits[1] gesagt worden ist, kann noch hinzugesetzt werden, dafs DANIELL[2] ein solches sehr zweckmäfsig und mit brittischem Luxus verfertigtes im Locale der Kön. Societät aufhängen liefs, wo es von 1830 bis 1832 auf ähnliche Art beobachtet wurde, als dieses schon früher auf der Sternwarte zu Paris durch MARIOTTE[3] geschah, um den Gang desselben mit dem eines Quecksilberbarometers zu vergleichen. Die Röhre wurde oben in eine enge verlängert, unten in ein kupfernes Gefäfs gesenkt, welches mit Wasser gefüllt war, um dieses zuerst durch Sieden von der enthaltenen Luft zu befreien und dann nach dem Verschliefsen des Hahns das heifse Wasser durch den Druck der erzeugten Dämpfe in der Röhre empor zu treiben. Nachdem eine hinlängliche Quantität Wasser aus der Oeffnung det kleinen obern Röhre ausgelaufen war, wurde diese mit dem Daumen verschlossen, dem Dampfe unten ein Ausweg geöffnet, und als das Wasser tief genug herabgesunken war, gelang es der Geschicklichkeit NEWMAN's, die obere Röhre mit der Blaslampe zuzuschmelzen. Mit Anwendung der erforderlichen Correctionen für die Ausdehnung des Wassers durch Wärme und den Einflufs der Capillarattraction ergab eine Vergleichung mit dem Quecksilberbarometer die Elasticität der in der Torricelli'schen Leere erzeugten Dämpfe, welche durchaus um eine bis 0,125 engl. Zoll im Maximum steigende, im Mittel 0,057 engl. Zoll betragende Gröfse die durch Ure gefundene übertraf. Diese Differenz würde verschwinden, wenn man das spec. Gewicht des Quecksilbers = 13,590 statt 13,624 annähme[4]. Indefs zeigte das Barometer später bedeutende Unrichtigkeiten durch allzustarkes Sinken der Wassersäule, und beim Oeffnen des Gefäfses fand sich, dafs in Folge der Verdunstung des Wassers in demselben und einer Zersetzung der darüber befindlichen Oelschicht Luft in die Röhre gedrun-

1 S. Art. *Barometer*. Bd. I. S. 760.

2 Phil. Trans. 1832. p. 539. London and Edinb. Philos. Magaz. N. V. p. 387.

3 Mém. de l'Acad. T. I. p. 234.

4 Das spec. Gew. des Quecksilbers ist = 13,59719 (s. *Gewicht* Bd. IV. S. 1530.) und es folgt also, dafs die Elasticitäten des Wasserdampfes zwischen 58° bis 74° F. durch URE zu gering angegeben werden.

gen seyn mufste[1]. Uebrigens war das Barometer im höchsten Grade empfindlich, oscillirte beständig und führte zu dem wichtigen Resultate, dafs die regelmäfsigen täglichen Oscillationen denen des Normalbarometers von 0,5 Z. Weite um eine Stunde vorauseilten, während dieses vor einem gewöhnlichen Barometer von 0,15 Z. Weite um ein gleiches Zeitintervall voraus war. DANIELL folgert hieraus, dafs Unterschiede in den Bestimmungen dieser Perioden auf der verschiedenen Empfindlichkeit der gebrauchten Barometer beruhn, was im Allgemeinen wohl keinem Zweifel unterliegt, wenn gleich der in runder Zahl angegebene Unterschied wohl noch einer genaueren Bestimmung bedürfte. Ein minder kostbares, aus blechenen und gläsernen Röhren zusammengesetztes, oben durch einen Hahn verschlossenes und von oben vermittelst eines Trichters zu füllendes Wasserbarometer habe ich im physikalischen Hörsaale zu Edinburg gesehn; vielleicht giebt es deren noch andere, allein sie können aus leicht begreiflichen Gründen das Quecksilberbarometer nicht ersetzen.

24) In einem eigenen Artikel[2] ist das *Differentialbarometer* beschrieben und durch v. HORNER wegen seiner Dauerhaftigkeit als das einzige Werkzeug empfohlen worden, dessen man sich beim Erklimmen der steilsten Felsenspitzen ohne Gefahr des Zerbrechens bedienen kann. BRANDES[3] dagegen bemerkt, dafs es bei erforderlichen genauen Messungen das eigentliche Barometer nicht ersetzen könne und nur für minder genaue einige Bequemlichkeit gewähre. Seitdem habe ich mich mit diesem Apparate näher bekannt gemacht und kann daher Folgendes darüber angeben. Zuvörderst habe ich dem Instrumente eine bequemere Einrichtung gegeben. Beide Röhren befinden sich auf der durch Kork angeprefsten, selbst auf einem hölzernen Halbcylinder ruhenden Scale in einer messingnen Röhre, welche nur in der Mitte ganz verschlossen, oben aber von einer andern, bis zur Hälfte weggeschnittenen äufsern Röhre umgeben ist, unten dagegen sind einander gegenüberstehend

1 Die Luft war vermuthlich aus dem Wasser entbunden, denn ein Wasserhammer mufs 6 bis 12 Stunden anhaltend ausgekocht werden, wenn das Wasser ganz luftleer seyn und bleiben soll.

2 S. Art. *Differentialbarometer*. Bd. II. S. 526.

3 S. Art. *Höhenmessung*. Bd. V. S. 326.

zwei Löcher gebohrt, durch welche das Aufsteigen des Quecksilbers bis an einen um die kürzere verschlossene Röhre gelegten Faden oder Ring beobachtet werden kann. Auch um diese Stelle ist eine Röhre als Hülse gelegt, wodurch die beiden Löcher beim Verpacken verschlossen werden. Will man das Barometer beobachten, so werden beide Hülsen um 180 Grade umgedreht und das Instrument ist so, wie es die Zeichnung darstellt, mit offener Scale und freien Oeffnungen bei a, um die Kuppe des Quecksilbers zu beobachten; beim Verpacken aber dreht man die Hülsen wieder zurück und das Instrument zeigt sich als überall verschlossene Röhre von nahe 1 Zoll Dicke. Unten an diese messingne Röhre wird das eiserne Gefäſs n n, m m geschraubt, worin das Quecksilber vermittelst eines auf der Schraube s befindlichen Korkes in die Höhe gehoben und in die Röhren gepreſst wird. Das für den Transport abgeschraubte Gefäſs wird oben mit einer eisernen Schraube verschlossen, die messingne Röhre dagegen mit einer messingnen. Noch ist dabei zu bemerken, daſs die verschlossene Röhre etwas tiefer herabgehn, der sie umgebende Raum aber so mit Kitt ausgefüllt seyn muſs, daſs das Quecksilber zuerst die verschlossene kürzere Röhre absperrt und die über ihm befindliche Luft sämmtlich durch die offene Röhre austreibt. Es versteht sich dann von selbst, daſs das angegebene Verhältniſs $\frac{m}{n}$ ein beständiges und so gewählt sey, daſs die Meſsröhre und die aufgetragene Scale den dritten Theil der wirklichen Länge des Barometers enthalte, wonach dann die eigentliche Barometerhöhe unmittelbar abgelesen wird. Fig. 263.

Der Theorie nach müſste dieses Barometer das Nämliche leisten, als ein gewöhnliches, abgerechnet daſs es nur den dritten Theil der Genauigkeit haben kann, weil die Scale dreimal kürzer ist; allein es kommen einige Bedingungen hinzu, welche die Fehlergrenze vergröſsern. Zuerst muſs die Höhe der Quecksilbersäule in der verschlossenen Röhre sehr genau gemessen werden, weil ein kleiner Unterschied ihrer Länge einen bedeutenden des Barometerstandes nach sich zieht. Dieser Fehler wird am besten dadurch beseitigt, wenn man die verschlossene Röhre nicht zu kurz macht. Zweitens darf die Luft in der verschlossenen Röhre nicht feucht seyn, weil sonst durch Compression der eingeschlossenen Luft ein Antheil des

Dampfes niedergeschlagen und dadurch die Barometerhöhe zu klein gemessen werden könnte. Es ist daher rathsam, einen mit Baumwolle umkleideten Stift von Fischbein in die verschlossene Röhre zu schieben und diese vor dem jedesmaligen Gebrauche herauszuziehn. Werden alle diese Vorsichtsmaſsregeln angewandt, verläſst sich ferner der Künstler nicht auf seine Abmessungen der Dimensionen, sondern richtet er das Instrument nach einem guten Normalbarometer ab, vermeidet der Beobachter den Einfluſs der wechselnden Temperatur und sucht er sich durch einige vorläufige Vergleichungen der erhaltenen Gröſsen mit den Eigenthümlichkeiten dieses Apparates vertraut zu machen, so giebt es Resultate von hinreichender Genauigkeit. Allerdings wird dieses Barometer das eigentliche, ohnehin leichter zu behandelnde und eine mindestens dreimal kleinere Fehlergrenze zulassende weder ersetzen, noch viel weniger verdrängen, allein dennoch verdiente dasselbe wegen seiner unverwüstlichen Dauerhaftigkeit mehr in Gebrauch zu kommen, da man so oft mit Betrübniſs liest, daſs wegen zerbrochenen Barometers die Beobachtungen gerade da fehlen, wo man sie am liebsten angestellt wünschen muſs.

25) Wollaston[1] hat ein sinnreich construirtes Instrument unter dem Namen eines *Differentialbarometers* bekannt gemacht, welches diesen Namen in Wahrheit verdient. Man nimmt den hydrostatischen Gesetzen gemäſs an, daſs das Barometer in Räumen, die nicht durch luftdichte Wände von einander geschieden sind, einen gleichen Stand haben müsse, weswegen es auch gleichviel ist, ob ein Barometer im einen oder in einem andern Zimmer oder auf einem Gange hängt, wenn nur in derselben horizontalen Ebene. Ist jedoch ein Zimmer auf die gewöhnliche Weise verschlossen und findet in demselben ein Luftzug durch einen Camin, einen Windofen, einen Ventilator u. s. w. statt, so wird der Druck der Luft etwas geringer, ein sehr empfindliches Barometer zeigt selbst bei ruhiger Luft stete Schwankungen, ebenso wie bei Winden, ein Wasserbarometer würde diese noch stärker und ein Barometer von Weingeist in noch höherem Grade zeigen. Da solche

1 Phil. Trans. 1829. p. 133. Daraus in Poggendorff Ann. XVI. 618. und in Edinb. Journ. of Sc. N. XX. p. 354. (Am letzten Orte ohne Zeichnung.)

Apparate höchst unbequem sind, so lassen sie sich leicht durch das angegebene Differentialbarometer ersetzen. Dieses besteht aus einer wenigstens drei Lin. weiten, heberförmig gebogenen, umgekehrten Glasröhre, jeder Schenkel ungefähr 8 Zoll lang. Fig. 264. Die Enden sind in den Boden eines Gefäfses eingekittet, welches durch eine Scheidewand in zwei Theile getheilt zwei abgesonderte Behälter, jeden von etwa zwei Zoll Durchmesser, bildet, deren einer offen oder mit verschiedenen Oeffnungen zum freien Zutritte der Luft versehn, der andere dagegen ganz verschlossen ist. In diesen letzteren, nahe unter dem obern Deckel, ist eine horizontale, etliche Linien weite Röhre eingekittet, die nach Umständen verlängert werden kann. Für den Gebrauch wird in die heberförmige Röhre zuerst Wasser, etwa 2 bis 4 Zoll hoch, gegossen und über dieses Oel bis zu der Höhe, dafs es noch einen Zoll hoch in den Gefäfsen steht, und endlich kann man zum genauern Messen eine Scale anbringen. Wird dann die horizontale Röhre durch eine Thür oder eine Wand so gesteckt, dafs ihre Oeffnung mit einem andern Zimmer oder einem andern Raume in Verbindung steht, als worin sich das Gefäfs befindet, z. B. wenn man die Stärke des Luftzugs in Caminen untersuchen will, so wird der stärkere Luftdruck das Wasser in der heberförmig gebogenen Röhre im einen Schenkel niederdrücken, aber nur um eine Gröfse, deren Mafs der höhere Stand des Oels in dem einen Gefäfse und der Ueberschufs des Gewichts der Wassersäule über die ihr nachfolgende des Oels abgiebt. Wenn man dem Wasser etwas Weingeist zusetzte, so könnte man die letztere Gröfse dem Verschwinden nahe bringen oder ganz aufheben, wonach also der Apparat einen sehr hohen Grad der Feinheit zuläfst. Das Princip läfst sich auch auf die Construction des Lind'schen Windmessers anwenden.

26) Mit wenigen Worten möge noch das sogenannte *Volum-Barometer* erwähnt werden, welches C. Brunner[1] in Vorschlag gebracht hat. Dasselbe ist ein *Manometer*, vermittelst dessen der Luftdruck aus der Ausdehnung eines eingeschlossenen Luftvolumens nach dem Mariotte'schen Gesetze gefunden werden soll. Inzwischen ist der Apparat schwierig zu construiren, und da er dem *Baroskop* von Prechtl und dem

1 Poggendorff Ann. XXXIV. 80.

Sympiezometer von Adie rücksichtlich der zu erwartenden Genauigkeit nicht gleich kommt, die unvermeidlichen Mängel des letzteren aber am gehörigen Orte genügend nachgewiesen worden sind, so wird das vorgeschlagene Barometer bei den gegenwärtigen Forderungen der Physik schwerlich unter den physikalischen Apparaten eine Aufnahme finden.

27) Da sich das Quecksilber durch Wärme ausdehnt, so erleidet die Länge der Säule desselben im Barometer hierdurch eine vom Luftdrucke unabhängige Veränderung, welche zuvor corrigirt werden muſs, wenn man die Gröſse des letztern genau messen will. Die hierzu erforderliche Correction, mit bloſser Rücksicht auf die Ausdehnung des Quecksilbers, ist in einer Tabelle für die metrische Eintheilung der Barometerscale und die hunderttheilige des Thermometers gegeben. Seitdem sind jedoch fast allgemein solche Barometer eingeführt worden, bei denen die messingne Scale vom einen Niveau des Quecksilbers bis zum andern reicht und bei denen daher die Ausdehnung der Quecksilbersäule durch die der messingnen Scale zum Theil wieder aufgehoben wird. Für diesen Fall ist angegeben, daſs es genüge, die Correctionsgröſse des Quecksilbers um $\frac{1}{10}$ zu vermindern, weil die Ausdehnung des Messings $\frac{1}{9,5}$ der des Quecksilbers beträgt. Inzwischen ist dieses nur dann zulässig, wenn die Scale metrisches Maſs enthält, da die Normaltemperatur des Meters bei 0° genommen wurde, ebenso wie diejenige, worauf man das Quecksilber zu reduciren pflegt. Da aber die Normaltemperatur des altfranzösischen Fuſses = 13° R. ist, die des englischen aber 55° F., so muſs das Quecksilber auf 0°, die Scale aber auf 13° R. oder auf 55° F. reducirt werden, wenn man die eigentlichen altfranzösischen oder englischen Linien haben will. Die Correction nämlich für einen Barometerstand = b wird gefunden durch die Formel

$$b.\frac{k(t-T)-k'(t-\vartheta)}{1+k(t-T)},$$

worin T die Temperatur, worauf das Quecksilber reducirt werden soll, ϑ die Normaltemperatur des gebrauchten Maſses, t die Beobachtungstemperatur, k und k' aber den Coefficienten der Ausdehnung, ersterer des Quecksilbers, letzterer des Me-

falls der Scale, bezeichnen. SCHUMACHER[1] hat hiernach Tafeln berechnet, wobei er die Ausdehnung des Quecksilbers zwischen den beiden festen Puncten des Thermometers = 0,018018 und des Messings = 0,0018782 setzt und KÄMTZ[2] hat gleichfalls eine kürzere Tabelle für altfranzösisches Mafs und eine andere für englisches mitgetheilt. Der Vollständigkeit wegen entlehne ich von Ersterem die eine der folgenden Tabellen im Auszuge[3] und von Letzterem die andere. Die bereits[4] mitgetheilte Tabelle kann auch für messingne Scalen gebraucht werden, wenn man von der gegebenen Gröfse der ertheilten Regel gemäfs ein Zehntel abzieht. Die Normalbarometer mit weiten Röhren und einem sehr grofsen Gefäfse, deren Scale nur des Umfangs weniger Zolle bedarf, haben in der Regel eine kurze Scale am obern Ende des Bretes, woran die Röhre befestigt ist, und da man die Ausdehnung des Holzes durch Wärme als zu gering vernachlässigen kann, so mufs hierfür die Correction der Quecksilbersäule ohne Rücksicht auf die Ausdehnung des Messings nach der einfachen Formel, wonach die Correction $= b . k (t = T)$ ist, angewandt werden. Hierfür ist die im Art. *Barometer* gegebene Tabelle geeignet, wenn die Scale metrische Eintheilung hat, und da Beobachtungen solcher Barometer nicht selten sind und deren Correction häufig gefordert wird, so füge ich auch für diesen Zweck eine Tabelle nach altfranzösischem Mafse und Graden der achtzigtheiligen Scale bei, weil sich die Centesimalgrade hierauf leicht reduciren lassen.

Der Gebrauch der folgenden Tabellen ist aus ihren Ueberschriften von selbst ersichtlich und so einfach, dafs es kaum einer Erklärung desselben bedarf. Bei der ersten ist die Cor-

---

1 Astronomische Hülfstafeln Th. I. S. 53. Jahrbuch für 1836. S. 179.

2 Meteorologie Th. II. S. 236.

3 Diese Tabelle für altfranzös. Mafs und Grade nach R. mit Rücksicht auf die Ausdehnung der messingnen Scale hat den Umfang von 26 Z. bis 28 Z. 7 L. Beobachtungen über diese Grenzen hinaus kommen selten vor und in diesen Fällen könnte man die Correction dennoch nach Schätzung aus der Tabelle in sehr genähertem Werthe füglich entnehmen.

4 S. Art. *Barometer*.

rection theils additiv, theils subtractiv, wie die überschriebenen Zeichen angeben, und die zur Abkürzung hinzugefügten Differenzen für die Zehntheile der Thermometergarde haben stets mit den eigentlichen Gröfsen gleichen Werth. Wäre also z. B. das Barometer bei 16° R. = 27 Z. 8 L. beobachtet worden, so ist nach der Tabelle der corrigirte Stand = 27 Z. 8 L. — 1,169 L. = 27 Z. 6,831 L.; wären aber 27 Z. 6 L. bei 14°,5 beobachtet worden, so wäre der corrigirte Stand = 27 Z. 6 L. — (1,03 + 5 × 0,0066) = 27 Z. 4,937 Lin. War die Temperatur bei diesem nämlichen Stande — 6°,5 R., so ist der corrigirte Stand 27 Z. 6 L. + (0,299 + 5 × 0,0066) = 27 Z. 6,332 L. Bei der zweiten Tabelle ist die Correction für Grade unter und über 0° R. der Gröfse nach gleich, dem Werthe nach entgegengesetzt, und zwar additiv für Grade unter dem Gefrierpuncte des Wassers und subtractiv für Grade über demselben, wie die Zeichen andeuten.

Tabelle zur Reduction der beobachteten Barometerhöhen nach altfranzösischem Maſs auf 0° R. mit Rücksicht auf die Ausdehnung der messingnen Scale.

R.	26 Z.	.1‴	.2‴	.3‴	.4‴	.5‴	.6‴	.7‴	Δ.0°,1
—	+	+	+	+	+	+	+	+	+
—14°	.788	.791	.794	.796	.799	.801	.804	.806	.0064
—13	.725	.728	.730	.732	.734	.737	.739	.741	.0063
—12	.662	.664	.666	.668	.670	.673	.675	.677	.0064
—11	.599	.601	.602	.604	.606	.608	.610	.612	.0064
—10	.535	.537	.539	.541	.542	.544	.546	.547	.0063
— 9	.472	.474	.475	.477	.478	.480	.481	.483	.0064
— 8	.409	.410	.412	.413	.414	.416	.417	.418	.0063
— 7	.346	.347	.348	.349	.350	.351	.353	.354	.0064
— 6	.283	.284	.285	.286	.286	.287	.288	.289	.0064
— 5	.220	.220	.221	.222	.223	.223	.224	.224	.0063
— 4	.157	.157	.158	.158	.159	.159	.160	.160	.0063
— 3	.094	.094	.094	.095	.095	.095	.096	.096	.0064
— 2	.031	.031	.031	.031	.031	.031	.031	.031	—
	—	—	—	—	—	—	—	—	.0002
— 1	.032	.032	.032	.033	.033	.033	.033	.033	.0063
0	.095	.096	.096	.096	.096	.097	.097	.097	.0063
+ 1	.158	.159	.159	.160	.160	.160	.161	.161	.0064
2	.221	,222	.222	.223	.224	.225	.225	.226	.0063
3	.284	.285	.286	.287	.288	.288	.289	.290	.0063
4	.347	.348	.349	.350	.351	.352	.353	.354	.0063
5	.409	.411	.412	.413	.415	.416	.417	.419	.0064
6	.472	.473	.475	.477	.478	.480	.482	.483	.0063
7	.535	.537	.538	.440	.442	.444	.445	.447	.0064
8	.598	.600	.602	.603	.605	.607	.609	.611	.0063
9	.660	.662	.665	.667	.669	.671	.673	.675	.0063
10	.723	.725	.728	.730	.732	.735	.737	.739	.0064
11	.786	.788	.791	.793	.796	.798	.801	.803	.0063
12	.848	.851	.854	.856	.859	.862	.865	.867	.0063
13	.911	.914	.917	.920	.923	.925	.928	.931	.0063
14	.973	.977	.980	.983	.986	.989	.992	.995	.0063
15	1,036	1,039	1,043	1,046	1,049	1,052	1,056	1,059	.0063
16	1,098	1,102	1,105	1,109	1,112	1,116	1.120	1,123	.0063
17	1,161	1,165	1,168	1,172	1,176	1,179	1,183	1,187	.0063
18	1,223	1,227	1,231	1,235	1,239	1,243	1,247	1,251	.0063
19	1,286	1,290	1,294	1,298	1,302	1,306	1,310	1,315	.0063
20	1,348	1,352	1,357	1,361	1,365	1,370	1,374	1,378	.0063
21	1,410	1,415	1,419	1,424	1,428	1,433	1,438	1,442	.0063
22	1,473	1,477	1,482	1,487	1,492	1,496	1,501	1,506	.0063
23	1,535	1,540	1,545	1,550	1,555	1,560	1,565	1,569	.0063
24	1,597	1,602	1,608	1,613	1,618	1,623	1,628	1,633	.0063
25	1,660	1,665	1,671	1,676	1,681	1,686	1,691	1,697	.0063
26	1,723	1,728	1,734	1,739	1,744	1,749	1,754	1,761	

Tabelle zur Reduction der beobachteten Barometerhöhen nach altfranzösischem Maſs auf 0° R. mit Rücksicht auf die Ausdehnung der messingnen Scale.

R.	26″8‴	.9‴	.10‴	.11‴	27 Z.	.1‴	.2‴	.3‴	Δ.0°,1
	+	+	+	+	+	+	+	+	+
—14°	.809	.811	.814	.816	.819	.821	.824	.826	
—13	.744	.746	.748	.751	.753	.755	.758	.760	.0065
—12	.679	.681	.683	.685	.687	.689	.692	.694	.0065
—11	.614	.616	.618	.620	.622	.624	.626	.627	.0065
—10	.549	.551	.553	.554	.556	.558	.559	.561	.0065
— 9	.484	.486	.487	.489	.490	.492	.493	.495	.0065
— 8	.420	.421	.422	.424	.425	.426	.427	.429	.0065
— 7	.355	.356	.357	.358	.359	.360	.361	.363	.0065
— 6	.290	.291	.292	.293	.294	.295	.296	.296	.0065
— 5	.225	.226	.227	.227	.228	.229	.230	.230	.0065
— 4	.161	.161	.162	.162	.163	.163	.164	.164	.0065
— 3	.096	.096	.097	.097	.097	.098	.098	.098	.0065
— 2	.031	.031	.032	.032	.032	.032	.032	.032	.0065
	—	—	—	—	—	—	—	—	—
— 1	.033	.033	.033	.033	.034	.034	.034	.034	.0065
0	.098	.098	.098	.099	.099	.099	.100	.100	.0065
1	.162	.163	.163	.164	.164	.165	.165	.166	.0065
2	.227	.227	.228	.229	.230	.230	.231	.232	.0065
3	.291	.292	.293	.294	.295	.296	.297	.298	.0065
4	.356	.357	.358	.359	.360	.361	.362	.363	.0065
5	.420	.421	.423	.424	.425	.427	.428	.429	.0065
6	.484	.486	.487	.489	.490	.492	.493	.495	.0065
7	.549	.550	.552	.554	.556	.557	.559	.561	.0065
8	.613	.615	.617	.619	.621	.623	.625	.626	.0065
9	.677	.679	.682	.684	.686	.688	.690	.692	.0065
10	.742	.744	.746	.749	.751	.753	.755	.758	.0065
11	.806	.808	.811	.813	.816	.818	.821	.823	.0065
12	.870	.873	.875	.878	.881	.884	.886	.889	.0065
13	.934	.937	.940	.943	.946	.949	.952	.955	.0065
14	.998	1,001	1,005	1,008	1,011	1,014	1,017	1,020	.0065
15	1,062	1,066	1,069	1,072	1,076	1,079	1,082	1,086	.0065
16	1,127	1,130	1,134	1,137	1,141	1,144	1,148	1,151	.0065
17	1,191	1,194	1,198	1,202	1,205	1,209	1,213	1,217	.0065
18	1,255	1,259	1,262	1,266	1,270	1,274	1,278	1,282	.0065
19	1,319	1,323	1,327	1,331	1,335	1,339	1,343	1,347	.0065
20	1,383	1,387	1,391	1,396	1,400	1,404	1,409	1,412	.0065
21	1,447	1,451	1,456	1,460	1,465	1,469	1,474	1,478	.0065
22	1,510	1,515	1,520	1,525	1,529	1,534	1,539	1,543	.0065
23	1,574	1,579	1,584	1,589	1,594	1,599	1,604	1,609	.0065
24	1,638	1,643	1,648	1,654	1,659	1,664	1,669	1,674	.0065
25	1,702	1,707	1,712	1,719	1,724	1,729	1,734	1,739	.0065
26	1,766	1,771	1,776	1,784	1,789	1,794	1,799	1,804	.0065

Tabelle zur Reduction der beobachteten Barometerhöhen nach altfranzösischem Maſs auf 0° R. mit Rücksicht auf die Ausdehnung der messingnen Scale.

R.	27″4‴	.5‴	.6‴	.7‴	.8‴	.9‴	.10‴	.11‴	Δ.0°,1
	+	+	+	+	+	+	+	+	+
—14°	.829	.831	.834	.837	.839	.842	.844	.847	.0066
—13	.762	.765	.767	.769	.772	.774	.776	.779	.0066
—12	.696	.698	.700	.702	.704	.706	.709	.711	.0066
—11	.629	.631	.633	.635	.637	.639	.641	.643	.0066
—10	.563	.565	.566	.568	.570	.571	.573	.575	.0066
— 9	.496	.498	.499	.501	.502	.504	.506	.507	.0066
— 8	.430	.431	.433	.434	.435	.437	.438	.439	.0066
— 7	.364	.365	.366	.367	.368	.369	.370	.371	.0066
— 6	.297	.298	.299	.300	.301	.302	.303	.304	.0066
— 5	.231	.232	.232	.233	.234	.235	.235	.236	.0066
— 4	.165	.165	.166	.166	.167	.167	.168	.168	.0066
— 3	.098	.099	.099	.099	.100	.100	.100	.101	.0066
— 2	.032	.032	.032	.033	.033	.033	.033	.033	.0066
	—	—	—	—	—	—	—	—	—
— 1	.034	.034	.034	.034	.034	.034	.035	.035	.0002
0	.100	.100	.101	.101	.101	.102	.102	.102	.0066
1	.166	.167	.167	.168	.168	.169	.169	.170	.0066
2	.232	.233	.234	.235	.235	.236	.237	.237	.0066
3	.298	.299	.300	.301	.302	.303	.304	.305	.0066
4	.364	.366	.367	.368	.369	.370	.371	.372	.0066
5	.430	.432	.433	.434	.436	.437	.438	.440	.0066
6	.496	.498	.499	.501	.503	.504	.506	.507	.0066
7	.562	.564	.566	.568	.569	.571	.573	.574	.0066
8	.628	.630	.632	.634	.636	.638	.640	.642	.0066
9	.694	.696	.698	.701	.703	.705	.707	.709	.0066
10	.760	.762	.765	.767	.769	.772	.774	.776	.0066
11	.826	.828	.831	.834	.836	.839	.841	.844	.0066
12	.892	.894	.897	.900	.903	.905	.908	.911	.0066
13	.958	.960	.963	.966	.969	.972	.975	.978	.0066
14	1,023	1,026	1,030	1,033	1,036	1,039	1,042	1,045	.0066
15	1,089	1,092	1,096	1,099	1,102	1,106	1,109	1,112	.0066
16	1,155	1,158	1,062	1,165	1,169	1,172	1,176	1,179	.0066
17	1,220	1,224	1,228	1,232	1,235	1,239	1,243	1,246	.0066
18	1,286	1,290	1,294	1,298	1,302	1,306	1,310	1,313	.0066
19	1,352	1,356	1,360	1,364	1,368	1,372	1,376	1,380	.0066
20	1,417	1,422	1,426	1,430	1,434	1,439	1,443	1,447	.0066
21	1,483	1,487	1,492	1,496	1,501	1,505	1,510	1,514	.0066
22	1,548	1,553	1,558	1,562	1,567	1,572	1,577	1,581	.0066
23	1,614	1,619	1,624	1,628	1,633	1,638	1,643	1,648	.0066
24	1,679	1,684	1,689	1,695	1,700	1,705	1,710	1,715	.0066
25	1,744	1,749	1,754	1,760	1,766	1,771	1,776	1,781	.0066
26	1,809	1,814	1,819	1,826	1,832	1,837	1,842	1,847	.0066

Tabelle zur Reduction der beobachteten Barometerhöhen nach altfranzösischem Maſs auf 0° R. mit Rücksicht auf die Ausdehnung der messingnen Scale.

R.	28Z.	.1‴	.2‴	.3‴	.4‴	.5‴	.6‴	.7‴	Δ.0°,1
	+	+	+	+	+	+	+	+	+
—14°	.849	.851	.854	.857	.859	.862	.864	.867	.0068
—13	.781	.783	.786	.788	.790	.793	.795	.797	.0068
—12	.713	.715	.717	.719	.821	.723	.726	.728	.0068
—11	.645	.647	.649	.650	.652	.654	.656	.658	.0068
—10	.577	.578	.580	.582	.583	.585	.587	.589	.0068
— 9	.509	.510	.512	.513	.515	.516	.518	.519	.0068
— 8	.441	.44[illegible]	.443	.444	.446	.447	.448	.450	.0068
— 7	.373	.374	.375	.376	.377	.378	.379	.380	.0068
— 6	.305	.305	.306	.307	.308	.309	.310	.311	.0068
— 5	.237	.237	.238	.239	.239	.240	.241	.242	.0068
— 4	.169	.169	.170	.170	.171	.171	.172	.172	.0068
— 3	.101	.101	.101	.102	.102	.102	.103	.103	.0068
— 2	.033	.033	.033	.033	.033	.034	.034	.034	—
	—	—	—	—	—	—	—	—	.0002
— 1	.035	.035	.035	.035	.035	.035	.035	.035	.0068
0	.103	.103	.103	.103	.104	.104	.104	.105	.0068
1	.170	.171	.171	.172	.172	.173	.173	.174	.0068
2	.238	.239	.239	.240	.241	.242	.242	.243	.0068
3	.306	.307	.308	.308	.309	.310	.311	.312	.0068
4	.373	.374	.376	.377	.378	.379	.380	.381	.0068
5	.441	.442	.444	.445	.446	.448	.449	.450	.0068
6	.509	.510	.512	.513	.515	.516	.518	.519	.0068
7	.576	.578	.580	.581	.583	.585	.586	.588	.0068
8	.644	.646	.648	.649	.651	.653	.655	.657	.0068
9	.711	.713	.715	.718	.720	.722	.724	.726	.0068
10	.779	.781	.783	.786	.788	.790	.793	.795	.0068
11	.846	.849	.851	.854	.856	.859	.861	.864	.0068
12	.914	.916	.919	.922	.924	.927	.930	.933	.0068
13	.981	.984	.987	.990	.993	.996	.998	1,001	.0068
14	1,048	1,051	1,055	1,058	1,061	1,064	1,067	1,070	.0068
15	1,116	1,119	1,122	1,126	1,129	1,132	1,136	1,139	.0068
16	1,183	1,186	1,190	1,193	1,197	1,200	1,204	1,208	.0068
17	1,250	1,254	1,258	1,261	1,265	1,269	1,272	1,276	.0068
18	1,317	1,321	1,325	1,329	1,333	1,337	1,341	1,345	.0068
19	1,385	1,389	1,393	1,397	1,401	1,405	1,409	1,413	.0068
20	1,452	1,456	1,460	1,465	1,469	1,473	1,478	1,482	.0068
21	1,519	1,523	1,528	1,532	1,537	1,541	1,546	1,551	.0068
22	1,586	1,591	1,595	1,600	1,605	1,610	1,614	1,619	.0068
23	1,653	1,658	1,663	1,668	1,673	1,678	1,683	1,688	.0068
24	1,720	1,725	1,730	1,735	1,741	1,746	1,751	1,756	.0068
25	1,787	1,792	1,797	1,802	1,809	1,814	1,819	1,824	.0068
26	1,854	1,859	1,864	1,870	1,876	1,882	1,887	1,892	

Tabelle zur Reduction der beobachteten Barometerhöhen auf 0° R. ohne Rücksicht auf die Ausdehnung der Scale; Correction in Linien.

b	1°	2°	3°	4°	5°	6°	7°	8°	9°
	∓	∓	∓	∓	∓	∓	∓	∓	∓
26″	.070	.140	.210	.281	.351	.421	.491	.562	.632
1‴	.070	.140	.211	.282	.352	.423	.493	.564	.634
2‴	.070	.141	.212	.283	.353	.424	.495	.566	.636
3‴	.071	.142	.213	.284	.355	.426	.497	.568	.638
4‴	.071	.142	.214	.285	.356	.427	.498	.569	.640
5‴	.071	.143	.214	.286	.357	.428	.500	.571	.642
6‴	.072	.143	.215	.286	.358	.430	.501	.573	.644
7‴	.072	.144	.215	.287	.359	.431	.503	.574	.646
8‴	.072	.144	.216	.288	.360	.432	.505	.576	.648
9‴	.072	.144	.217	.289	.361	.434	.506	.578	.650
10‴	.073	.145	.218	.290	.363	.435	.508	.580	.652
11‴	.073	.145	.218	.291	.364	.436	.509	.582	.654
Δ0°,1	.0072	.0072	.0072	.0072	.0072	.0072	.0072	.0072	
27″	.073	.146	.219	.292	.365	.438	.511	.584	.656
1‴	.073	.146	.220	.293	.366	.439	.512	.586	.658
2‴	.073	.147	.220	.294	.367	.440	.514	.587	.660
3‴	.074	.147	.221	.295	.368	.441	.515	.589	.662
4‴	.074	.148	.222	.295	.369	.443	.517	.591	.664
5‴	.074	.148	.222	.296	.370	.445	.519	.593	.666
6‴	.074	.148	.223	.297	.372	.446	.520	.595	.668
7‴	.074	.149	.224	.298	.373	.447	.522	.596	.670
8‴	.074	.149	.224	.299	.374	.449	.523	.598	.672
9‴	.075	.150	.225	.300	.375	.450	.525	.600	.675
10‴	.075	.150	.226	.301	.376	.451	.527	.602	.677
11‴	.075	.151	.226	.302	.377	.453	.528	.604	.679
Δ0°,1	.0074	.0074	.0074	.0074	.0074	.0074	.0074	.0074	
28″	.076	.151	.227	.303	.378	.454	.530	.605	.681
1‴	.076	.152	.228	.304	.379	.455	.531	.607	.683
2‴	.076	.152	.228	.305	.381	.457	.533	.609	.685
3‴	.076	.153	.229	.305	.382	.458	.534	.611	.687
4‴	.076	.153	.230	.306	.383	.459	.536	.613	.689
5‴	.076	.154	.230	.307	.384	.461	.538	.614	.691
6‴	.077	.154	.231	.308	.385	.462	.539	.616	.693
7‴	.078	.155	.232	.309	.386	.464	.541	.618	.695
8‴	.078	.155	.232	.309	.388	.465	.542	.619	.697
9‴	.078	.156	.233	.310	.389	.466	.544	.620	.699
10‴	.078	.156	.234	.311	.390	.468	.545	.622	.701
Δ0°,1	.0076	.0076	.0076	.0076	.0076	.0076	.0076	.0076	

Tabelle zur Reduction der beobachteten Barometerhöhen auf 0° R. ohne Rücksicht auf die Ausdehnung der Scale; Correction in Linien.

b	10°	11°	12°	13°	14°	15°	16°	17°	18°
	∓	∓	∓	∓	∓	∓	∓	∓	∓
26"	.703	.772	.843	.913	.984	1,054	1,124	1,194	1,265
1'''	.705	.775	.845	.916	.987	1,057	1,128	1,198	1,269
2'''	.707	.778	.849	.919	.990	1,061	1,131	1,202	1,273
3'''	.709	.780	.851	.922	.992	1,064	1,135	1,206	1,277
4'''	.712	.783	.854	.925	.996	1,067	1,138	1,210	1,281
5'''	.714	.785	.857	.928	.999	1,071	1,142	1,214	1,285
6'''	.716	.789	.859	.931	1,002	1,074	1,146	1,217	1,289
7'''	.718	.790	.862	.934	1,006	1,077	1,150	1,221	1,293
8'''	.720	.792	.865	.937	1,009	1,081	1,153	1,225	1,297
9'''	.723	.795	.867	.940	1,012	1,084	1,156	1,229	1,301
10'''	.725	.798	.870	.943	1,015	1,088	1,160	1,233	1,305
11'''	.727	.800	.873	.947	1,018	1,091	1,163	1,237	1,309
Δ0°,1	.0072	.0072	.0072	.0072	.0072	.0072	.0072	.0072	
27"	.730	.803	.876	.949	1,021	1,094	1,168	1,240	1,314
1'''	.732	.805	.878	.952	1,025	1,098	1,171	1,244	1,318
2'''	.734	.808	.881	.955	1,028	1,101	1,174	1,249	1,322
3'''	.736	.810	.884	.957	1,031	1,104	1,178	1,252	1,326
4'''	.739	.813	.886	.960	1,034	1,108	1,182	1,256	1,330
5'''	.741	.815	.889	.963	1,037	1,111	1,185	1,260	1,334
6'''	.743	.818	.892	.966	1,040	1,115	1,189	1,263	1,338
7'''	.745	.820	.895	.969	1,043	1,118	1,192	1,269	1,342
8'''	.748	.823	.897	.972	1,046	1,121	1,196	1,271	1,346
9'''	.750	.825	.900	.975	1,050	1,125	1,200	1,275	1,350
10'''	.752	.827	.903	.978	1,053	1,128	1,203	1,279	1,354
11'''	.754	.830	.905	.981	1,056	1,131	1,207	1,283	1,358
Δ0°,1	.0074	.0074	.0074	.0074	.0074	.0074	.0074	.0074	
28"	.758	.832	.908	.984	1,059	1,135	1,211	1,287	1,362
1'''	.759	.835	.911	.987	1,062	1,138	1,214	1,290	1,366
2'''	.761	.837	.914	.990	1,065	1,142	1,218	1,294	1,370
3'''	.764	.840	.916	.993	1,069	1,145	1,221	1,298	1,374
4'''	.766	.842	.919	.996	1,072	1,149	1,225	1,301	1,378
5'''	.768	.845	.922	.999	1,075	1,152	1,228	1,305	1,382
6'''	.770	.847	.924	1,002	1,078	1,155	1,232	1,309	1,386
7'''	.773	.850	.927	1,006	1,082	1,159	1,236	1,313	1,390
8'''	.775	.852	.930	1,009	1,086	1,162	1,240	1,317	1,394
9'''	.778	.855	.932	1,012	1,090	1,166	1,244	1,321	1,398
10'''	.780	.858	.935	1,015	1,094	1,170	1,248	1,325	1,402
Δ0°,1	.0076	.0076	.0076	.0076	.0076	.0076	.0076	.0076	

Tabelle zur Reduction der beobachteten Barometerhöhen auf 0° R. ohne Rücksicht auf die Ausdehnung der Scale; Correction in Linien.

b	19°	20°	21°	22°	23°	24°	25°	26°	27°
	∓	∓	∓	∓	∓	∓	∓	∓	∓
26''	1,335	1,405	1,475	1,546	1,616	1,686	1,756	1,827	1,898
1'''	1,339	1,410	1,480	1,551	1,621	1,692	1,762	1,833	1,904
2'''	1,344	1,414	1,485	1,555	1,626	1,697	1,768	1,839	1,910
3'''	1,348	1,418	1,490	1,560	1,631	1,702	1,773	1,844	1,915
4'''	1,352	1,423	1,494	1,565	1,637	1,708	1,779	1,850	1,921
5'''	1,357	1,428	1,499	1,571	1,642	1,713	1,785	1,856	1,927
6'''	1,361	1,432	1,504	1,576	1,647	1,719	1,790	1,862	1,934
7'''	1,365	1,437	1,509	1,581	1,652	1,725	1,796	1,868	1,940
8'''	1,369	1,441	1,513	1,585	1,657	1,729	1,802	1,874	1,946
9'''	1,373	1,446	1,518	1,590	1,663	1,735	1,807	1,880	1,952
10'''	1,378	1,450	1,523	1,595	1,668	1,740	1,813	1,885	1,958
11'''	1,382	1,455	1,528	1,600	1,673	1,746	1,818	1,891	1,964
Δ0°,1	.0072	.0072	.0072	.0072	.0072	.0072	.0072	.0072	
27''	1,386	1,459	1,532	1,605	1,678	1,751	1,824	1,897	1,970
1'''	1,391	1,464	1,537	1,610	1,683	1,757	1,830	1,903	1,976
2'''	1,395	1,468	1,542	1,615	1,688	1,762	1,835	1,909	1,982
3'''	1,399	1,473	1,546	1,620	1,693	1,767	1,841	1,915	1,988
4'''	1,403	1,478	1,551	1,625	1,699	1,773	1,847	1,920	1,993
5'''	1,407	1,482	1,556	1,630	1,704	1,779	1,852	1,926	1,999
6'''	1,412	1,486	1,561	1,635	1,709	1,784	1,858	1,932	2,006
7'''	1,416	1,491	1,565	1,640	1,714	1,789	1,863	1,938	2,011
8'''	1,420	1,495	1,570	1,645	1,719	1,794	1,869	1,944	2,018
9'''	1,425	1,500	1,575	1,650	1,725	1,800	1,875	1,950	2,025
10'''	1,429	1,504	1,580	1,655	1,730	1,805	1,880	1,956	2,032
11'''	1,433	1,509	1,584	1,660	1,735	1,810	1,886	1,962	2,038
Δ0°,1	.0074	.0074	.0074	.0074	.0074	.0074	.0074	.0074	
28''	1,438	1,513	1,589	1,665	1,740	1,816	1,892	1,967	2,043
1'''	1,442	1,518	1,594	1,670	1,745	1,821	1,897	1,973	2,049
2'''	1,446	1,522	1,599	1,675	1,751	1,827	1,903	1,980	2,055
3'''	1,450	1,527	1,604	1,680	1,756	1,832	1,909	1,985	2,061
4'''	1,455	1,531	1,608	1,684	1,761	1,838	1,915	1,991	2,067
5'''	1,459	1,536	1,613	1,689	1,766	1,843	1,920	1,997	2,073
6'''	1,463	1,540	1,617	1,694	1,771	1,848	1,925	2,002	2,079
7'''	1,467	1,545	1,622	1,700	1,777	1,854	1,931	2,008	2,085
8'''	1,471	1,549	1,627	1,705	1,782	1,859	1,937	2,014	2,091
9'''	1,476	1,554	1,631	1,710	1,788	1,865	1,942	2,019	2,097
10'''	1,480	1,558	1,636	1,715	1,793	1,871	1,948	2,024	2,103
Δ0°,1	.0076	.0076	.0076	.0076	.0076	.0076	.0076	.0076	

Tabelle zur Reduction des nach englischen Zollen beobachteten
sicht auf die Ausdehnung

F	26",5	27"	27",5	28"	28",5
0°	+0",0694	+0",0708	+0",0721	+0",0734	+0",0747
1	.0671	.0683	.0696	.0709	.0721
2	.0647	.0659	.0671	.0683	.0696
3	.0623	.0635	.0647	.0658	.0670
4	.0599	.0611	.0622	.0633	.0644
5	.0575	.0586	.0597	.0608	.0619
6	.0552	.0562	.0572	.0583	.0593
7	.0528	.0538	.0548	.0558	.0568
8	.0504	.0513	.0523	.0532	.0542
9	.0480	.0489	.0498	.0507	.0516
10	.0456	.0465	.0474	.0482	.0491
11	.0433	.0441	.0449	.0457	.0465
12	.0409	.0416	.0424	.0432	.0440
13	.0385	.0392	.0399	.0407	.0414
14	.0361	.0368	.0375	.0382	.0388
15	.0337	.0344	.0350	.0356	.0363
16	.0314	.0319	.0325	.0331	.0337
17	.0290	.0295	.0301	.0306	.0311
18	.0266	.0270	.0276	.0281	.0286
19	.0242	.0247	.0251	.0256	.0260
20	.0218	.0222	.0226	.0231	.0235
21	.0194	.0198	.0202	.0205	.0209
22	.0171	.0174	.0177	.0180	.0183
23	.0147	.0150	.0152	.0155	.0158
24	.0123	.0125	.0128	.0130	.0132
25	.0099	.0101	.0103	.0105	.0107
26	.0075	.0077	.0078	.0080	.0081
27	.0052	.0053	.0058	.0054	.0055
28	.0028	.0028	.0029	.0029	.0030
29	.0004	.0004	.0004	.0004	.0004
30	—.0020	—.0020	—.0021	—.0021	—.0021
31	.0044	.0045	.0045	.0046	.0047
32	.0067	.0069	.0070	.0071	.0073
33	.0091	.0093	.0095	.0097	.0098
34	.0115	.0117	.0120	.0122	.0124
35	.0139	.0142	.0144	.0147	.0149
36	.0163	.0166	.0169	.0172	.0175
37	.0186	.0190	.0194	.0197	.0201
38	.0210	.0214	.0218	.0222	.0226
39	.0234	.0239	.0243	.0247	.0252
40	.0258	.0263	.0268	.0273	.0278

Barometerstandes auf den Gefrierpunct des Wassers mit Rück- der messingnen Scale.

F	26",5	27"	27",5	28"	28",5
41°	— 0",0282	— 0",0287	— 0",0292	— 0",0298	— 0",0303
42	.0306	.0311	.0317	.0323	.0329
43	.0329	.0335	.0342	.0348	.0354
44	.0353	.0360	.0367	.0373	.0380
45	.0377	.0384	.0391	.0398	.0406
46	.0401	.0408	.0416	.0424	.0431
47	.0425	.0432	.0441	.0449	.0457
48	.0448	.0457	.0465	.0474	.0482
49	.0472	.0481	.0490	.0499	.0508
50	.0496	.0505	.0515	.0524	.0534
51	.0520	.0529	.0540	.0549	.0559
52	.0544	.0554	.0564	.0575	.0585
53	.0567	.0578	.0589	.0600	.0610
54	.0591	.0602	.0614	.0625	.0636
55	.0615	.0627	.0638	.0650	.0662
56	.0639	.0651	.0663	.0675	.0687
57	.0663	.0675	.0688	.0700	.0713
58	.0686	.0699	.0713	.0725	.0739
59	.0710	.0724	.0737	.0751	.0764
60	.0734	.0748	.0762	.0776	.0790
61	.0758	.0772	.0787	.0801	.0815
62	.0782	.0796	.0811	.0826	.0841
63	.0806	.0821	.0836	.0851	.0867
64	.0829	.0845	.0861	.0876	.0892
65	.0858	.0869	.0885	.0902	.0918
66	.0877	.0893	.0910	.0927	.0943
67	.0901	.0918	.0935	.0952	.0969
68	.0925	.0942	.0960	.0977	.0995
69	.0948	.0966	.0984	.1002	.1020
70	.0972	.0990	.1009	.1027	.1046
71	.0996	.1015	.1034	.1053	.1071
72	.1020	.1039	.1058	.1078	.1097
73	.1044	.1063	.1083	.1103	.1122
74	.1067	.1087	.1108	.1128	.1148
75	.1091	.1112	.1133	.1158	.1174
76	.1115	.1136	.1157	.1178	.1196
77	.1139	.1160	.1182	.1204	.1225
78	.1163	.1185	.1207	.1229	.1251
79	.1187	.1209	.1231	.1254	.1276
80	.1210	.1233	.1256	.1279	.1302
81	.1234	.1257	.1281	.1304	.1328
82	.1258	.1282	.1305	.1329	.1353

Tabelle zur Reduction des nach englischen Zollen beobachteten
sicht auf die Ausdehnung

F	29″	29″,5	30″	30″,5	31″
0°	+0″,0760	+0″,0773	+0″,0786	+0″,0799	+0″,0812
1	.0734	.0747	.0759	.0772	.0785
2	.0708	.0720	.0732	.0744	.0757
3	.0682	.0694	.0705	.0717	.0729
4	.0656	.0667	.0678	.0690	.0701
5	.0630	.0641	.0651	.0662	.0673
6	.0604	.0614	.0624	.0635	.0645
7	.0578	.0587	.0598	.0608	.0617
8	.0552	.0561	.0571	.0580	.0590
9	.0526	.0534	.0544	.0553	.0562
10	.0499	.0508	.0517	.0525	.0534
11	.0473	.0481	.0490	.0498	.0506
12	.0447	.0455	.0463	.0470	.0478
13	.0421	.0428	.0436	.0443	.0450
14	.0392	.0402	.0409	.0416	.0422
15	.0369	.0375	.0382	.0388	.0395
16	.0343	.0349	.0355	.0361	.0367
17	.0317	.0322	.0328	.0333	.0339
18	.0291	.0296	.0301	.0306	.0311
19	.0265	.0269	.0274	.0279	.0283
20	.0239	.0243	.0247	.0251	.0255
21	.0213	.0216	.0220	.0224	.0228
22	.0187	.0190	.0193	.0196	.0200
23	.0161	.0163	.0166	.0169	.0172
24	.0135	.0137	.0139	.0142	.0144
25	.0109	.0110	.0112	.0114	.0116
26	.0083	.0084	.0085	.0087	.0088
27	.0056	.0057	.0058	.0059	.0060
28	.0031	.0031	.0031	.0032	.0033
29	.0004	.0004	.0005	.0005	.0005
30	—.0022	—.0022	—.0022	—.0028	—.0023
31	.0048	.0049	.0049	.0050	.0051
32	.0074	.0075	.0076	.0078	.0079
33	.0100	.0102	.0103	.0105	.0107
34	.0126	.0128	.0130	.0132	.0135
35	.0152	.0155	.0157	.0160	.0162
36	.0178	.0181	.0184	.0187	.0190
37	.0204	.0208	.0211	.0215	.0218
38	.0230	.0234	.0238	.0242	.0246
39	.0256	.0261	.0265	.0269	.0274
40	.0282	.0287	.0292	.0297	.0302

Barometerstandes auf den Gefrierpunct des Wassers mit Rückder messingnen Scale.

F	29″	29″,5	30″	30″,5	31″
41°	—0″,0308	—0″,0314	—0″,0319	—0″,0324	—0″,0329
42	.0334	.0340	.0346	.0352	.0357
43	.0360	.0367	.0373	.0379	.0385
44	.0386	.0393	.0400	.0406	.0413
45	.0413	.0420	.0427	.0434	.0441
46	.0438	.0446	.0454	.0461	.0469
47	.0464	.0473	.0481	.0489	.0497
48	.0490	.0499	.0508	.0516	.0524
49	.0517	.0526	.0535	.0543	.0552
50	.0543	.0552	.0562	.0571	.0580
51	.0569	.0579	.0588	.0598	.0608
52	.0595	.0605	.0615	.0626	.0636
53	.0621	.0632	.0642	.0653	.0664
54	.0647	.0658	.0669	.0680	.0692
55	.0673	.0685	.0696	.0708	.0719
56	.0699	.0712	.0723	.0736	.0747
57	.0725	.0738	.0750	.0763	.0775
58	.0751	.0765	.0777	.0790	.0803
59	.0778	.0791	.0804	.0817	.0831
60	.0804	.0818	.0831	.0845	.0859
61	.0830	.0844	.0858	.0872	.0886
62	.0856	.0871	.0885	.0900	.0914
63	.0882	.0897	.0912	.0927	.0942
64	.0908	.0924	.0939	.0954	.0970
65	.0934	.0950	.0966	.0982	.0998
66	.0960	.0977	.0993	.1009	.1026
67	.0986	.1003	.1020	.1037	.1054
68	.1012	.1030	.1047	.1064	.1081
69	.1038	.1056	.1074	.1091	.1109
70	.1064	.1083	.1101	.1119	.1137
71	.1090	.1109	.1127	.1146	.1165
72	.1116	.1136	.1154	.1174	.1193
73	.1142	.1162	.1181	.1201	.1221
74	.1168	.1189	.1208	.1228	.1249
75	.1194	.1215	.1235	.1256	.1276
76	.1220	.1242	.1262	.1283	.1304
77	.1246	.1268	.1289	.1311	.1332
78	.1272	.1295	.1316	.1338	.1360
79	.1298	.1321	.1348	.1365	.1388
80	.1325	.1348	.1370	.1393	.1416
81	.1351	.1374	.1397	.1420	.1448
82	.1377	.1400	.1424	.1448	.1471

28) Es war bereits oben[1] von den *regelmäfsigen täglichen Oscillationen* die Rede, die man damals sehr allgemein, auch unter höhern Breiten, wahrnahm. Seitdem ist dieses Problem vielseitig behandelt worden und vorzüglich hat Kämtz sowohl die Thatsache selbst als auch die Ursache derselben einer tiefer eingehenden Untersuchung unterworfen[2], weswegen ich das Wesentlichste als Ergänzung hier hinzuzufügen nicht versäume.

Nach Angabe der französischen Akademiker, welche die peruanische Gradmessung vollführten, galt bisher Godin für den Entdecker dieser periodischen Schwankungen, allein Brewster[3] hat aufgefunden, dafs Dr. Beale[4] schon 1666 den höhern Stand des Barometers am Morgen und Abend bemerkte, und schwerlich dürfte eine frühere Beobachtung dieses Phänomens vorkommen. Zuerst fiel dasselbe unter niedern Breiten auf, wo der Barometerstand fast stationär ist und daher diese in längerer Zeit oft einzige Veränderung der Beobachtung kaum entgehn kann. Nach v. Humboldt[5] nahmen daher auch Varin, des Hayes und de Glos 1682 zu Gorée wahr, dafs das Barometer um Mittag etwa 2 bis 4 Lin. sinke, der Pater Beze machte die nämliche Entdeckung im Jahre 1690 zu Batavia und Pondichery, Boudier im Jahre 1740 zu Chandernagor in Indien, ein unbekannter holländischer Beobachter aber entdeckte schon 1722 zu Surinam den Wechsel der beiden Maxima und Minima binnen 24 Stunden, deren Perioden er ziemlich genau angiebt. Zu den bereits angegebenen spätern Beobachtern gehören ferner noch Thibault de Chanvallon 1751 auf Martinique, Mutis 1761 zu Sta. Fé de Bogota und Trail[6] 1785 zu Calcutta; vorzüglich war jedoch Al. v. Humboldt der erste, welcher die Aufmerksam-

---

1 S. Art. *Barometer.* Bd. I. S. 921.

2 Schweigg. Journ. N. R. Th. XVII. S. 137. XXI. S. 168. Kämtz Meteorologie Th. II. S. 245 ff.

3 Edinb. Journ. of Sc. N. IV. p. 336.

4 Phil. Trans. N. IX. p. 153.

5 Voyages. T. X. p. 363. Im Auszuge in Edinb. Journ. of Sc. N. VIII. p. 290. Ausführlich von Kämtz in Schweigg. Journ. Th. XLVI. S. 459. Dessen Meteorologie Th. II. S. 244.

6 Asiat. Rese. Calcutta 1790. T. II. p. 442. bei Kämtz Met. II. 247.

keit der Physiker auf dieses merkwürdige Phänomen richtete und solche Beobachtungen sowohl selbst anstellte, als auch veranlaſste, wodurch das demselben zum Grunde liegende Gesetz aufgefunden werden kann. Die Sache ist nämlich so allgemein und der Unterschied der Barometerstände so auffallend, daſs das Vorhandenseyn desselben bald erkannt werden muſs, wenn man die Resultate der während einer längern Zeit zu verschiedenen Tageszeiten gemachten Beobachtungen mit einander vergleicht. Soll jedoch die Zeit der Maxima und Minima oder sollen die *Wendestunden* (*heures tropiques*), wie v. HUMBOLDT sie nennt, genau aufgefunden werden, so sind anhaltende stündliche Beobachtungen erforderlich, die an sich schon beschwerlich fallen und noch mehr, wenn sie auch die Nacht hindurch fortgesetzt werden. Die zu diesem Probleme gehörigen Beobachtungen zerfallen daher in zwei Classen, zuerst diejenigen, aus denen bloſs im Allgemeinen eine Periodicität hervorgeht, und zweitens diejenigen, aus denen die Gröſse und die Gesetze dieser Schwankungen sich auffinden lassen.

29) Auſser den bereits erwähnten Gelehrten, welche das periodische Schwanken des Barometers beobachtet haben, können noch genannt werden PARROT[1], welcher während seines 14tägigen Aufenthalts zu Mailand wahrnahm, daſs das Barometer von Morgens 6 Uhr bis 11 Uhr um 1,18 Millim. steige, bis 4,5 Uhr wieder falle, gegen Mitternacht wieder steige und bis 6 Uhr Morgens wieder falle. RIVERO[2] beobachtete das Barometer zu Callao vier Tage hindurch stündlich im Juni 1826, wodurch er unverkennbar zwei Maxima und zwei Minima auffand, das erste Minimum um 4^h von — 0,69 Lin., das zweite um 15^h von — 0,44 par. Lin., die beiden Maxima dagegen um 10^h und 22^h, jenes von + 0,05, dieses von + 0,851 par. Lin., wonach also der Unterschied des erstern am gröſsten ist. Auch zu Arequipa unter 16° 19′ S. Br. fand CURSON[3] auf einer Höhe von 7225 par. F., daſs das Barometer zwischen 8 und 10 Uhr Morgens und zwischen 9 bis 11

1 Reise in den Pyrenäen im J. 1817. S. 199.

2 Astronomische und hypsometrische Grundlagen der Erdbeschreibung von JABBO OLTMANNS. Stuttg. 1831. 8. S. 76.

3 Ebend. S. 87.

Uhr Abends bürgerliche Zeit ein Maximum, dagegen um 4 Uhr Nachmittags und Morgens ein Minimum zeigte.

30) Ungleich wichtiger sind diejenigen Beobachtungsreihen, welche längere Zeit fortgesetzt und an mehrern Stunden des Tages angestellt ein Mittel abgeben, sowohl die *Zeit* der Maxima und Minima, als auch die Gröſse der Unterschiede genauer aufzufinden, um dann von diesen sichern Thatsachen auf die bedingenden Ursachen zu schlieſsen. Man weiſs jetzt mit hinlänglicher Gewiſsheit, daſs die beiden Maxima ungefähr auf Morgens und Abends um 9 Uhr, die beiden Minima dagegen auf etwa 3 Uhr Nachmittags und Nachts fallen [1], meistens werden daher die Beobachtungen in diesen Stunden mit Weglassung der Nacht angestellt und auf diese Weise erhält man ohne Weiteres die Ueberzeugung, ob sich die Schwankungen an dem Beobachtungsorte zeigen, und mindestens annähernd auch die Gröſse derselben. Ein genaueres Resultat ist jedoch durch Hülfe der Rechnung zu erhalten. An den meisten, wo nicht an allen Orten zeigt nämlich das Barometer auch unregelmäſsige Schwankungen und zwar in der Regel gröſsere, als die regelmäſsigen, so daſs diese letztern in den erstern verschwinden müssen. Nimmt man dagegen viele zu gleichen Tagesstunden gehörige Beobachtungen zusammen, so gleichen sich die unregelmäſsigen Oscillationen aus und die regelmäſsigen kommen zum Vorschein. Fehlen einige Beobachtungsstunden, so lassen sich die diesen zugehörigen Gröſsen durch eine einfache Interpolation in genähertem Werthe finden, wenn man die Differenz der an zwei Stunden beobachteten Barometerstände auf die zwischenliegenden Stunden vertheilt, jedoch darf das Intervall nicht über die Zeitdauer eines Wechsels des Maximums und Minimums hinausgehn. Es giebt jedoch eine allgemeine Interpolationsmethode, welche deswegen so werthvoll ist, weil auch bei der gröſsten Sorgfalt eines Beobachters während der Nacht die Beobachtungen ausfallen müssen und mindestens nicht eine längere Zeit hindurch angestellt werden können, da man weiſs, welche Aufopferung es den beiden Gelehrten v. Horner und v. Langsdorf kostete, auf der Krusenstern'schen Entdeckungsreise solche Beobachtungen anzustellen. Ist aber einmal durch Er-

---

1 Vergl. §. 23.

fahrung ausgemacht, dafs die Barometerhöhen binnen 24 Stunden zwei Maxima und zwei Minima durchlaufen, so fallen sie mit dem Wechsel der Sinus eines ganzen Kreises zusammen, und wenn man daher die Tagesstunden als Abscissen und die ihnen zugehörigen Barometerstände als Ordinaten betrachtet, so bildet die durch die Endpuncte der letzteren gezogene Linie eine Curve, welche den mittlern Barometerstand für jede Tagsstunde und diesemnach auch die Zeit und Gröfse der regelmäfsigen Oscillationen mit Sicherheit angiebt. Bouvard wandte diese Methode an, um den Einflufs des Mondes auf das Barometer aus den pariser Beobachtungen aufzufinden, wie später gezeigt werden soll, Hällström[1] aber entlehnte dieselbe aus einer ähnlichen von Bessel[2], nannte die Curve *linea sinuum* und wandte sie an, um aus eigenen und fremden Beobachtungen die Zeit und Gröfse der periodischen Oscillationen aufzufinden. Letzteres ist später durch Kämtz in grofsem Umfange geschehn, auch hat Carlini[3] eine elegante und sehr ausführliche Darstellung dieses Problems gegeben. Es wird hier genügen, eine kurze Uebersicht davon mitzutheilen. Nennt man B_m den Barometerstand zu einer bestimmten Zeit = m des Tags, und B den mittleren Barometerstand, so ist

$$B_m = B + u \,\text{Sin.}\left(m.\frac{2\pi}{n} + \nu\right) + u' \,\text{Sin.}\left(m\frac{4\pi}{n} + \nu'\right),$$

worin n die Anzahl der Beobachtungsstunden während eines Tages, u und u' beständige Coefficienten, ν und ν' Winkel bezeichnen, die aus den Beobachtungen entnommen werden. Die Zeit wird nach Sitte der Astronomen vom Mittage an gerechnet, und π bezeichnet den halben Bogen von 180°. Da der Beobachtungsstunden 24 sind, so verwandelt sich die Formel in folgende:

$$B_m = B + u \,\text{Sin.}(m.15^\circ + \nu) + u' \,\text{Sin.}(m.30^\circ + \nu').$$

Um aus den Beobachtungen die Werthe für u und u', ν und ν' nach der Methode der kleinsten Quadrate zu finden, be-

---

1 Kongl. Vetensk. Acad. Handling. 1826. St. 1. Daraus in Poggendorff Ann. VIII. 131.

2 Astronomische Beobachtungen Th. I. S. X.

3 Mem. della Soc. Ital. delle Sc. T. X. Wiener Zeitschr. Th. V. S. 468.

zeichne man durch die römischen Zahlen 0, I, II, III... die vom Mittag an um 0, 1, 2, 3... Uhr beobachteten Barometerstände und formire dann die Gleichungen

$$12\,u\,\mathrm{Sin.}\,\nu = \left\{\begin{array}{l} (\mathrm{I} - \mathrm{XI} - \mathrm{XIII} + \mathrm{XXIII})\ \mathrm{Cos.}\ 15^\circ \\ (\mathrm{II} - \mathrm{X} - \mathrm{XIV} + \mathrm{XXII})\ \mathrm{Cos.}\ 30^\circ \\ (\mathrm{III} - \mathrm{IX} - \mathrm{XV} + \mathrm{XXI})\ \mathrm{Cos.}\ 45^\circ \\ (\mathrm{IV} - \mathrm{VIII} - \mathrm{XVI} + \mathrm{XX})\ \mathrm{Cos.}\ 60^\circ \\ (\mathrm{V} - \mathrm{VII} - \mathrm{XVII} + \mathrm{XIX})\ \mathrm{Cos.}\ 75^\circ \\ \qquad 0 - \mathrm{XII} \end{array}\right\}$$

$$12\,u\,\mathrm{Cos.}\,\nu = \left\{\begin{array}{l} (\mathrm{I} + \mathrm{XI} - \mathrm{XIII} - \mathrm{XXIII})\ \mathrm{Sin.}\ 15^\circ \\ (\mathrm{II} + \mathrm{X} - \mathrm{XIV} - \mathrm{XXII})\ \mathrm{Sin.}\ 30^\circ \\ (\mathrm{III} + \mathrm{IX} - \mathrm{XV} - \mathrm{XXI})\ \mathrm{Sin.}\ 45^\circ \\ (\mathrm{IV} + \mathrm{VIII} - \mathrm{XVI} - \mathrm{XX})\ \mathrm{Sin.}\ 60^\circ \\ (\mathrm{V} + \mathrm{VII} - \mathrm{XVII} - \mathrm{XIX})\ \mathrm{Sin.}\ 75^\circ \\ \qquad \mathrm{VI} - \mathrm{XVIII} \end{array}\right\}$$

$$12\,u'\,\mathrm{Sin.}\,\nu' = \left\{\begin{array}{l} \left\{\begin{array}{l} \mathrm{I} - \mathrm{V} - \mathrm{VII} + \mathrm{XI} \\ \mathrm{XIII} - \mathrm{XVII} - \mathrm{XIX} + \mathrm{XXII} \end{array}\right\} \mathrm{Cos.}\ 30^\circ \\ \left\{\begin{array}{l} \mathrm{II} - \mathrm{IV} - \mathrm{VIII} + \mathrm{X} \\ \mathrm{XIV} - \mathrm{XVI} - \mathrm{XX} + \mathrm{XXII} \end{array}\right\} \mathrm{Cos.}\ 60^\circ \\ \quad 0 - \mathrm{VI} + \mathrm{XII} - \mathrm{XVIII} \end{array}\right\}$$

$$12\,u'\,\mathrm{Cos.}\,\nu' = \left\{\begin{array}{l} \left\{\begin{array}{l} \mathrm{I} + \mathrm{V} - \mathrm{VII} - \mathrm{XI} \\ \mathrm{XIII} + \mathrm{XVII} - \mathrm{XIX} - \mathrm{XXIII} \end{array}\right\} \mathrm{Sin.}\ 30^\circ \\ \left\{\begin{array}{l} \mathrm{II} + \mathrm{IV} - \mathrm{VIII} - \mathrm{X} \\ \mathrm{XIV} + \mathrm{XVI} - \mathrm{XX} - \mathrm{XXII} \end{array}\right\} \mathrm{Sin.}\ 60^\circ \\ \quad \mathrm{III} - \mathrm{IX} + \mathrm{XV} - \mathrm{XXI} \end{array}\right\},$$

woraus die Werthe von u und u', ν und ν' gefunden werden. Um dann die beiden Zeiten der Maxima und Minima zu finden, bedient man sich der bekannten Differentialgleichung[1]:

$$\frac{d\,.\,B_m}{d\,m} = 0 = u\ \mathrm{Cos.}\ (m\,.\,15^\circ + \nu) + 2\,u'\ \mathrm{Cos.}\ (m\,.\,30^\circ + \nu').$$

---

1 Dieser Ausdruck führt zu einer Gleichung des vierten Grades. Am leichtesten findet man die verlangten zwei Maxima und zwei Minima auf dem Wege des Versuches.

Kämtz zeigt ferner, dafs man den genauen mittlern Barometerstand durch Quadratur der Curve, also durch die Gleichung

$$B - \frac{1}{360} n \, Cos. v - \frac{1}{720} n' \, Cos. v'$$

erhalten könne, indefs ergiebt eine Anwendung auf die Barometerstände zu Caraccas, wo die Oscillationen sehr grofs sind, dafs es vollkommen genügt, für B das arithmetische Mittel aus allen Barometerbeobachtungen zu nehmen, welches nur um eine verschwindende Gröfse abweicht.

31) Mit Uebergehung der ausführlichen Rechnungen, welche Hällström und noch vollständiger Kämtz mitgetheilt haben, begnüge ich mich, die Hauptresultate hier aufzunehmen. Von nicht weniger als 23 Orten hat Kämtz die stündlichen Barometerbeobachtungen berechnet und daraus folgende übersichtlich zusammengestellte Resultate erhalten[1].

---

1 Die bereits im Art. *Barometer* erwähnten Quellen übergehe ich hier der Kürze wegen und trage nur die dort nicht genannten nach.

Ort	Breite	Min.	Max.	Min.	Max.	Beobachter.
Grofs. Ocean	0° 0′	3h,1	10h,02	15h,60	21h,55	Horner
Popayan	2 26N.	3,8	10,13	15,84	21,71	Caldas[1]
Ibague	4 28—	3,87	9,97	15,68	21,54	v. Humboldt[1]
St. Fe de Bogota	4 36—	4,01	10,05	15,73	21,52	Boussingault[1]
Payta	5 6S.	3,82	11,04	17,70	20,60	Duperrey[1]
Sierra Leone	8 30N.	4,12	10,38	16,06	21,81	Sabine[2]
Cumana	10 28—	4,26	10,58	15,97	21,68	v. Humboldt
Caraccas	10 31—	4,07	10,37	15,77	21,59	v. Humboldt
La Guyara	10 36—	4,00	10,28	15,41	21,24	Boussingault[1]
Callao	12 3S.	3,70	9,77	15,42	21,40	v. Humboldt
Callao	12 3—	3,92	9,75	15,22	21,83	Rivero[3]
Lima	12 3—	3,37	9,81	15,33	20,93	v. Humboldt
Chittledroog	14 11N.	4,00	10,28	16,47	22,13	Kater[1]
Grofs. Ocean	16 0S.	4,15	10,31	15,97	21,70	Horner
Taiti	17 29—	3,72	9,43	14,97	21,18	Simonoff[3]
Gr. Ocean	18 0N.	3,97	10,31	15,64	21,37	Horner
Mexico	19 26—	3,62	11,15	15,40	20,17	v. Humboldt
Calcutta	22 35—	4,67	10,45	15,42	21,84	Balfour[4]
Rio Janeiro	22 54S.	3,92	9,88	15,75	21,76	Dorta[1]
Cairo	30 2N.	4,00	10,75	15,92	21,19	Coutelle[5]
Padua	45 24—	4,39	10,59	16,16	21,96	Chiminello[6]
München	48 8—	4,04	10,03	16,07	22,13	v. Yelin
Halle	51 29—	4,20	10,18	15,37	21,60	Kämtz[7]
Abo	60 27—	4,05	10,15	17,38	23,87	Hällström.

Die hier zusammengestellten Beobachtungen sind insgesammt von ausgezeichneten und gewissenhaften Gelehrten an-

1 S. v. Humboldt Voyage T. X. Abgekürzt in Poggendorff Ann. XII. 299.

2 Daniell meteorol. Essays. p. 252.

3 J. Oltmann's Grundlagen der Erdbeschreibung. S. 76.

3 V. Zach Corresp. astron. T. VIII. p. 551.

4 Asiat. Reas. T. IV. p. 190.

5 Description de l'Égypte. T. XIX. p. 457.

6 Ephem. Soc. Met. Palat. 1784. p. 230.

7 Aus 4½jährigen Beobachtungen.

gestellt, aber dennoch nicht alle von gleichem Werthe. Wäre es nicht zu schwierig, sie nach ihrem Gewichte zusammenzustellen, so würde dadurch ein sichereres Resultat zu erlangen seyn. Die vorzüglichsten unter allen wegen ihrer Zeitdauer und der auf sie verwandten Sorgfalt sind wohl ohne Widerrede die durch v. HORNER und v. LANGSDORF und die von KÄMTZ angestellten, deren Uebereinstimmung dann die wichtige Folgerung begründet, daſs die Grade der Breite auf die Zeiten der periodischen Schwankungen keinen Einfluſs haben. KÄMTZ findet die für Payta, Mexico und Abo erhaltenen Werthe vom Mittel zu sehr abweichend und erhält, mit Weglassung dieser, im Mittel folgende Zeiten der periodischen Schwankungen:

Minimum um	$4^h,09$ =	4^h	5′
Maximum	10,18 =	10	11
Minimum	15,75 =	15	45
Maximum	21,62 =	21	57.

31) KÄMTZ hat an diese Untersuchungen noch verschiedene so wichtige Betrachtungen geknüpft, daſs ich nicht umhin kann, den wesentlichen Inhalt derselben mitzutheilen, um so mehr, da sie im Ganzen zu dem Resultate führen, daſs das wichtige Problem dieser Schwankungen noch keineswegs in seinem ganzen Umfange bekannt ist, sondern von künftigen, an mehrern verschiedenen Orten angestellten Beobachtungen noch seine Erledigung erwartet. RAMOND[1] fand eine Abhängigkeit der Wendestunden von den Jahreszeiten, noch auffallender aber gehn diese aus CHIMINELLO's[2] schon früheren Beobachtungen hervor. Nach diesen fällt in Gemäſsheit einer genauen Berechnung

	Winter		Frühling		Sommer		Herbst	
Minimum	3^h	5′	5^h	7′	5^h	18′	5^h	4′
Maximum	9	58	11	21	11	56	11	22
Minimum	16	50	16	6	16	8	16	14
Maximum	22	5	21	58	21	58	22	7.

YELIN's Beobachtungen fallen gröſstentheils in die Wintermonate, und hierin liegt vermuthlich der Grund, daſs das Maximum erst um 22^h 8′ eintritt. Aus den Beobachtungen

1 Mém. de l'Inst. 1808. p. 103.

2 Saggio di Padova. T. I. p. 195. T. III. p. 88.

von MARQUÉ VICTOR zu Toulouse erhält BOUVARD[1] für das Maximum im Sommer 20h 10′, im Winter 21h 30′. Das Minimum am Morgen, welches nach CHIMINELLO im Sommer früher als im Winter eintritt, fällt auch nach FLAUGERGUES[2] zu Viviers im Sommer im Mittel auf 15h 30′, im Winter auf 16h 30′. Am entscheidendsten in dieser Beziehung sind die Beobachtungen von KÄMTZ, welche für die einzelnen Monate folgende Wendestunden geben.

Monat	Minimum	Maximum	Minimum	Maximum
Januar	3,13	9,22	16,48	21,95
Februar	3,75	9,65	16,07	22,05
März	4,46	10,07	15,44	21,94
April	4,91	10,48	14,97	21,58
Mai	5,04	10,91	14,88	21,15
Juni	5,00	11,25	15,06	20,90
Juli	4,96	11,30	15,23	20,98
August	4,88	10,91	15,27	21,27
September	4,57	10,18	15,30	21,56
October	3,99	9,41	15,52	21,71
November	3,32	8,85	15,98	21,75
December	2,95	8,92	16,41	21,85

Mögen hierbei immerhin noch Anomalieen obwalten, die sich nur durch länger anhaltende Beobachtungen beseitigen lassen, so geht doch so viel unverkennbar daraus hervor, dafs die Wendestunden sich im Sommer weiter vom Mittage entfernen, als im Winter, und zwar um einen Unterschied, welcher beim ersten Minimum und Maximum volle zwei Stunden beträgt. Dafs hierauf die höhern Breitengrade einen Einflufs haben, wagt zwar KÄMTZ nicht mit Gewifsheit zu entscheiden, allein es scheint mir dieses aus einigen später zu erwähnenden Beobachtungen und ebenso daraus hervorzugehn, dafs der Unterschied der Jahreszeiten unter niedern Breiten ganz wegfällt, wie denn auch die Hypothese, welche ich zur Erklärung dieses Phänomens aufstellen werde, hiermit sehr im Einklange steht.

1 Bibl. univ. T. XLI. p. 280.
2 Ebend. XL. 279.

32) Die barometrischen Oscillationen zeigen eine so große Uebereinstimmung, daſs mit Ausschluſs von München und Abo sie sich im Mittel auf folgenden allgemeinen Ausdruck bringen lassen:

$$Bm = B + 0''',1791 \text{ Sin. } (m.15^{\circ} + 183^{\circ} 0')$$
$$+ 0''',3573 \text{ Sin. } (m.30^{\circ} + 154^{\circ} 34'),$$

welcher dazu benutzt werden kann, den Gang des Barometers für solche Orte zu berechnen, von denen nur einzelne am Tage gemachte Beobachtungen vorhanden sind. Läſst sich dieser Ausdruck als ein allgemeiner betrachten, so ist $u' = 2u$ und man erhält

$$Bm = B + u \text{ Sin.} (m.15^{\circ} + 183^{\circ}) + 2u \text{ Sin.} (m.30^{\circ} + 154^{\circ} 34'),$$

worin bloſs B und u unbekannte Gröſsen sind, die sich aus einigen Beobachtungen auffinden lassen. Kämtz zeigt an einigen Beispielen eine allerdings nicht zu verkennende Uebereinstimmung dieses Ausdrucks mit den Resultaten der Beobachtungen; da aber weder die Jahreszeiten noch die Polhöhen darin berücksichtigt sind, so kann er nicht auf absolute Allgemeinheit Ansprüche machen, und auf jeden Fall können die numerischen Werthe für u und u' nicht allgemein seyn, wie Kämtz übrigens schon in voraus zugesteht. Dürfte man für ausgemacht halten, daſs die Zeiten der Oscillationen, die sogenannten Wendestunden, überall die nämlichen seyen und daſs das Steigen und Fallen des Barometers ganz gleichmäſsig erfolge, so würde es leicht seyn, aus einzelnen Beobachtungen den höchsten, niedrigsten und mittleren Barometerstand irgend eines Ortes aufzufinden. Die letztere Bedingung, nämlich eine regelmäſsige Zunahme und Abnahme, scheint aus den mitgetheilten Beobachtungen allerdings hervorzugehn, jedoch mit einer kleinen Beschleunigung in der Nähe der Wendestunden, allein unter höhern Breiten wirken die unregelmäſsigen barometrischen Oscillationen so störend, daſs sich daselbst von dieser Regel überall keine Anwendung machen läſst und dieses bloſs an solchen Orten der äquatorischen Zone geschehn kann, wo das Barometer nur ausnahmsweise zuweilen unregelmäſsige Schwankungen zeigt.

33) Von gleicher Wichtigkeit als die Bestimmung der Zeit dieser period. Oscillationen ist die ihrer *Gröſse*. Die meisten Physiker nehmen hierfür den Unterschied zwischen dem Maximum am Morgen und dem Minimum am Nachmittage, wobei dann noch eine

Vergleichung zwischen diesen Gröfsen und den correspondirenden am Abend und während der Nacht angestellt werden kann. Hällström nimmt den Unterschied zwischen dem gröfsten Maximum und dem kleinsten Minimum, welche der herrschenden Ansicht nach in die Wendestunden am Morgen und am Nachmittage fallen sollen, Kämtz glaubt jedoch, dafs die Beobachtungen noch nicht genügen, um hierüber mit Sicherheit zu entscheiden, und nimmt daher das Mittel zwischen beiden Extremen. Wenn übrigens kein Unterschied zwischen beiden Extremen oder mindestens kein erweislicher aus den Beobachtungen hervorgeht, so führen alle drei Arten auf das nämliche Resultat. Dieses ist insofern wichtig, als von den meisten Orten blofs am Tage angestellte Beobachtungen vorhanden sind, aus denen nur unter dieser Bedingung der mittlere Stand mit absoluter Schärfe zu erhalten ist. Kämtz hat sich bemüht, auch hierüber zu einer Entscheidung zu gelangen. Nach Ramond zeigen die beiden Maxima keinen Unterschied; die Beobachtungen von Chiminello, eine grofse Menge an verschiedenen Orten angestellte, welche Bouvard[1] gröfstentheils aus handschriftlichen Mittheilungen bekannt gemacht hat, die werthvollen von Kämtz und Hällström zeigen dagegen entschieden, dafs das Maximum am Morgen etwas gröfser ist, als das am Abend, das Minimum am Nachmittage kleiner als in der Nacht, dafs also beide Extreme am Tage gröfser sind, als während der Nacht, und aus den Beobachtungen unter niederen Breiten geht ebendieses unverkennbar hervor. Sehr schätzbar in dieser Beziehung sind die Resultate, welche die Naturforscher, und unter diesen namentlich Lenz[2], auf der letzten Entdeckungsreise unter Capitain Kotzebue erhielten, indem sie zu Cavite auf Lüzon unter 14° 34′ N. B. und 120° 51′ östl. L. von G. ungefähr 6 Toisen über dem Meeresspiegel das Barometer stündlich beobachteten. Hiernach fiel das erste Maximum auf 9^h 1′,1 Morgens, das Minimum auf 4^h 28′,6 Nachmittags, und der Unterschied betrug 1‴,04, dann erreichte das Barometer um 9^h 58′,3 Abends ein zweites Maximum, indem es um 0‴,687 stieg, und ein zweites Minimum Nachts 2^h 30′, von welchem es durch ein 0‴,445 be-

1 Bibl. univ. XLI. 28 u. 280. Daraus in Schweigg. Journ. N. R. XXIX. S. 140.

2 Mém. de Petersbourg. VIme. Sér. T. I. p. 319.

tragendes Steigen wieder zum ersten Maximum überging. Eine Menge von Beobachtungen aus Indien hat Colonel SYKES[1] mitgetheilt, jedoch enthalten dieselben nur die Differenz der Barometerstände zwischen dem ersten Maximum am Morgen und dem ersten Minimum am Nachmittage, welche auch nach seiner Angabe gröfser ist, als die zwischen dem zweiten Maximum und Minimum während der Nacht; die erhaltenen Resultate können daher in der nachfolgenden Tabelle nicht aufgenommen werden, welche den mittleren Unterschied aus beiden Oscillationen enthält. Die Gröfse der Oscillationen war nicht stets gleich, stieg aber nie über 2,1957 par. Lin. und sank nie unter 0,1745. Sie betrug im Mittel aus mindestens einem Jahre zu Dukhun und zu Puhna ungefähr 18° N. B. 1,3128; zu Madras unter 13° 5′ N. B. 0,8895; zu Calcutta unter 22° 35′ N. B. 1,2386; zu Saharumpoor in Hindostan unter 31° N. B. und 1000 engl. F. über dem Meere 1,3512; zu Ava unter 21° 51′ N. B. 1,4187; zu Benares unter 25° 30′ N. B. 1,1823; zu Bombay unter 18° 56′ N. B. 0,8445 und zu Mahabuleshwur in 4500 engl. F. Höhe über dem Meere 0,73077 par. Linien. Nach den Wahrnehmungen von Colonel SYKES behält das Barometer in jenen Gegenden der Regel nach seinen Stand nicht über 45 Minuten bei, sondern geht sofort vom Maximum wieder zum Minimum über und umgekehrt. Unter höhern Breiten kommt hierzu noch ein Unterschied der Jahreszeiten, welcher demnächst gleichfalls untersucht werden soll. BOUVARD[2] hat die mittlern Resultate der Beobachtungen auf dem Observatorium zu Paris aus den Jahren 1816 bis 1827 zusammengestellt, woraus hervorgeht, dafs die Gröfse der Oscillation zwischen 21^h und 3^h in allen Monaten gröfser ist, als die zwischen 3^h und 9^h, im Mittel aber über das Doppelte beträgt, die erstere nämlich 0,756, die zweite 0,373 Millimeter.

34) Ist es gleich schwer, diesen gröfstentheils durch KÄMTZ gesammelten reichen Schatz von Thatsachen noch vermehren zu wollen, so dürfen doch diejenigen Beobachtungen nicht übergangen werden, welche FORBES[3] im Ganzen 4410

1 Philos. Trans. 1835. p. 164 ff.

2 Edinb. Journ. of Sc. N. XVII. p. 72. Wiener Zeitschr. Th. V. S. 122.

3 On the horary oscillations of the barometer near Edinburgh

an Zahl von 1827 an bis 1830 in der Nähe von Edinburg unter 55° 55′ 20″ N. B. und 3° 14′ 22″,5 westl. L. von Greenwich anstellte. Täglich wurden fünf Beobachtungen aufgezeichnet, nach der gewählten Bezeichnung um 4, 8, 10, 20,5 und 22 Uhr, die gebrauchten Barometer waren sehr sorgfältig construirt und für diesen Zweck, wobei es auf die absolute Länge der Quecksilbersäule nicht ankommt, vollkommen genügend, auch das Thermometer, welches noch gröfsere Rücksicht verdient, war von vorzüglicher Genauigkeit. Die auf 0° C. reducirten Barometerstände, nach den (meteorologischen) Jahreszeiten geordnet, waren folgende.

Jahreszeiten	4 Uhr	8 Uhr	10 Uhr	20 Uhr	22 Uhr
Frühling	29,3438	29,3618	29,3640	29,3651	29,3589
Sommer	29,3715	29,3812	29,3866	29,3896	29,3820
Herbst	29,4286	29,4360	29,4312	29,4378	29,4422
Winter	29,4416	29,4447	29,4425	29,4386	29,4447
Mittel	29,3964	29,4059	29,4061	29,4078	29,4070

Hiernach steigt das Barometer vom ersten Minimum um 4 Uhr bis zum ersten Maximum um 10 Uhr um + 0,0097 Zoll und fällt vom zweiten Maximum Morgens 20 Uhr bis zum ersten Minimum Nachmittags 4 Uhr um — 0,0114. Abgesehn von der geringen Gröfse dieser Schwankung ist es bei diesen genauen Beobachtungen, wenn man sie mit den bisher mitgetheilten vergleicht, sehr auffallend, dafs das zweite Maximum näher bei 20 Uhr, als bei 22 Uhr liegt, da zur ersten Zeit der mittlere Barometerstand gröfser ist. Aus gleichem Grunde liegt das erste Maximum näher bei 10 Uhr als bei 8 Uhr, das erste Minimum aber, das allein beobachtete, mag immerhin übereinstimmend mit andern Orten um 4 Uhr im Mittel fallen.

35) Der *Einflufs der Jahreszeiten* ist nicht zu verkennen, indem die Wendestunden in Edinburg, wie zu Halle, im Sommer sich weiter vom Mittage entfernen, als im Winter. Forbes zeigt dieses durch folgende Zusammenstellung.

---

cet. 1831. Aus den Edinb. Phil. Trans. besonders abgedruckt. Vergl. Edinb. Journ. of Sc. N. Ser. N. XII. p. 261.

Jahreszeiten	Morgenperiode		Nachmittagsperiode	
	Stunde	Oscill.	Stunde	Oscill.
Frühling	20	0,0213	10	0,0202
Sommer	20	0,0181	10	0,0151
Herbst	22	0,0136	8	0,0074
Winter	22	0,0031	8	0,0031

Aus diesen Beobachtungen geht also gleichfalls hervor, dafs das Barometer zur Zeit der Wendestunde des Maximums am Morgen höher steht, als am Abend, und zur Zeit der Wendestunde des Minimums am Nachmittage niedriger als in der Nacht, und zwar im Verhältnifs von 1,18 : 1.

Crahay[1] stellte zu Maestricht in den Jahren 1831, 1832 und 1833 stündliche Beobachtungen an, um die eigentliche Zeit des Maximums und des Minimums der Barometerhöhen aufzufinden, und erhielt im Mittel für das erstere $9^h,259$ Morgens, für das letztere $3^h,812$ Nachmittags. Rücksichtlich der einzelnen Monate entfernte sich diese Bestimmung für das Maximum im Februar und Juni am meisten vom Mittel und kam weit früher, als in den andern Monaten, dagegen fiel das Minimum in den Monaten April, Mai, Juni, Julius und August viel später, als in den andern Monaten. Dieses führte zu dem Schlusse, dafs in den Sommermonaten vom April bis September inclusive das Maximum früher, das Minimum dagegen später eintrete, als in den übrigen Monaten. Nach genauerer Bestimmung beträgt das Zeitintervall zwischen beiden Oscillationen in jenem Zeitraume 7,6754 und in diesem 5,7227 Stunden. Rücksichtlich der Gröfse der Oscillationen fand Sykes[2] zu Puhna unter 18° N. B. und 1823 engl. F. über der Meeresfläche den Unterschied zwischen dem höchsten Barometerstande am Morgen zwischen 9 und 10 Uhr und am Nachmittage zwischen 4 und 5 Uhr im Juli am geringsten, in den Wintermonaten am stärksten, und ebenso war derselbe zu Mahabuleshwur in 4500 engl. Fufs Höhe im Juni, Juli und August am geringsten, im November dagegen am stärksten. Die Zusammenstellung der vierzigjährigen Beobachtungen zu Genf[3] von 1796 bis 1835 geben die Gröfse der Oscill. in par. Linien

1 L'Institut. 1835. N. 116. p. 345.
2 Philos. Trans. 1835. p. 166.
3 Biblioth. univ. 1835. Dec. p. 453.

im Frühling	Sommer	Herbst	Winter
2,000	2,816	1,804	2,475.

Ebenso unverkennbar ist der Einfluſs der Jahreszeiten, welchen Forbes auch aus vierjährigen Beobachtungen der Kön. Gesellschaft zu London von 1827 bis 1830 nachweist, wo die Gröſse der Oscillation

im Frühling	Sommer	Herbst	Winter
0,0237	0,0183	0,0314	0,0148

in engl. Zollen, die jährlichen Mittel aber 0,0227, 0,0246, 0,0205 und 0,0214 betragen. Hierbei ist die überwiegende Gröſse der Oscillation im Herbste auffallend, die entweder auf einem Fehler oder auf der Kürze der Beobachtungszeit beruhn muſs, obgleich Letzteres nach der Uebereinstimmung der ganzjährlichen Mittel nicht wahrscheinlich ist. Die längere Zeit anhaltend mehrere Stunden täglich durch James Hudson[1] am Standart-Barometer der Londoner Societät angestellten Beobachtungen bestätigen dieses Resultat vollkommen. Auch hier zeigte sich das Maximum und Minimum am Morgen früher und das am Abend später im Sommer, als im Winter, auch waren die Variationen um Mittag im Sommer klein, die um Mitternacht groſs, im Winter dagegen fand das umgekehrte Verhalten statt. Die gröſste Oscillation ist die, welche Nachmittags um 4 Uhr eintritt und 0,18 par. Lin. beträgt, die ihr am nächsten kommende ist die des Morgens um 10 Uhr im Betrage von 0,135 Lin., ihr am nächsten kommt die im Maximum am Abend um 11 Uhr, ungefähr von 0,123 Lin., und die kleinste ist die des Minimums am Morgen um 4 Uhr von nur 0,056 par. Lin. Im Einklange mit den Edinburger Beobachtungen geben die von Ramond[2] zu Clermont angestellten siebenjährigen nach der Zusammenstellung von Kämtz für den

Frühling 0‴,476, Sommer 0‴,428, Herbst 0‴,399,
Winter 0‴,328

in pariser Linien, Chiminello's Beobachtungen zu Padua geben

Frühling 0‴,245, Sommer 0‴,255, Herbst 0‴,179,
Winter 0‴,219.

Aus den von Marqué-Victor zu Toulouse angestellten

1 Philos. Trans. 1832. p. 575.
2 Mém. de l'Inst. 1812. p. 48.

Beobachtungen folgert BOUVARD[1], dafs die Oscillationen am Tage im Winter kleiner sind, als im Sommer, aus den 4½-jährigen Beobachtungen von KÄMTZ zu Halle geht aber hervor, dafs die Tagsoscillation vom Mai bis October fast constant und gröfser ist, als die bei Nacht (um 16 und 22 Uhr), statt dafs die letztere im Winter gröfser ist, als im Sommer, und in den Monaten December und Januar sogar gröfser als die Tagsoscillation. Die Mittel aus beiden geben für den

Frühling 0,201, Sommer 0,221, Herbst 0,230, Winter 0,194,

mit einem Uebergewichte im Herbst, wie zu London. Nach den anhaltenden Beobachtungen zu Genf zeigt sich die tägliche Variation des Maximums um 9 Uhr Morgens und um 3 Uhr Nachmittags meistens umgekehrt im Winter gröfser, als im Sommer, jedoch ist dieses nicht immer der Fall und es scheint kein bestimmtes Gesetz aus den erhaltenen Resultaten hervorzugehn[2]. Selbst aus Sibirien stehn uns zwei schätzbare Beiträge zu Gebote, welche KUPFFER[3] geliefert hat. Hiernach beträgt der Unterschied des Barometers um 9 Uhr Morgens und 3 Uhr Nachmittags zu Kasan 0,1675 par. Lin. und wieder nach den Jahreszeiten geordnet

im Frühling	Sommer	Herbst	Winter
0,0554	0,0666	0,033	0,0125,

zu Slatoust aber war nur um 9 Uhr Morgens, 2 Uhr Nachmittags und 9 Uhr Abends beobachtet worden, wobei sich eine geringe Oscillation zwischen den beiden ersten Stunden herausstellt und ein kleinerer mittlerer Barometerstand um 9 Uhr Abends, als um 9 Uhr Morgens. KÄMTZ findet in diesen verschiedenen Resultaten so bedeutende Abweichungen, dafs er es für unthunlich hält, schon jetzt die Gesetze dieser Phänomene mit Sicherheit aufzufinden, was übrigens ohne Zweifel möglich seyn würde, wenn wir von vielen Orten so vollständige und genaue Beobachtungen besäfsen, als womit er selbst diesen Theil der Wissenschaft bereichert hat. Im Ganzen ist jedoch wohl gewifs, dafs die regelmäfsigen barometrischen Oscillationen auf der nördlichen Halbkugel im Som-

1 Bibl. univ. a. a. O.
2 Bibl. univ. 1835. Avr. p. 408.
3 Poggendorff Ann. XVII. 501.

mer gröfser sind, als im Winter, wobei wegen der meteorologischen Abtheilung der Jahreszeiten, wonach März, April und Mai zum Frühling, Juni, Juli und August zum Sommer, September, October und November zum Herbst und die folgenden drei Monate zum Winter gehören, das Maximum des Sommers sich zum Herbst und das Minimum des Winters sich zum Frühling hinneigen kann.

36) Den *Einflufs der Höhe* über der Meeresfläche haben weder Kämtz noch Forbes bei ihren Untersuchungen dieses Problems unberücksichtigt gelassen, aber beiden standen nur die nämlichen wenigen Thatsachen zu Gebote, die sich zur Entscheidung hierüber eignen. Die meisten bisher bekannt gewordenen Beobachtungen sind nahe über dem Meeresspiegel oder in so geringer Erhebung über denselben angestellt, dafs kein hieraus entspringender Einflufs sichtbar wird. Der Anblick der weiter unten mitzutheilenden Tabelle zeigt zwar für das hoch gelegene München einen bedeutenden Unterschied zwischen der beobachteten und der berechneten Gröfse, für Mexico einen geringern, allein für Königsberg ist derselbe gröfser als für Halle und für Sta. Fé de Bogota ist er sogar entgegengesetzt. Dennoch aber geht aus den genauen Beobachtungen auf dem St. Bernhard ein Einflufs der Höhe unverkennbar hervor, indem dort unter 45° N. B. und in 7668 F. Höhe nach dem Mittel aus 53 Monaten von 21 Uhr bis 3 Uhr eine Zunahme der Barometerhöhe von 0''',017 gefunden wurde, wonach die tägliche Oscillation negativ wäre[1]. Nach v. Humboldt[2] findet zwischen den Wendekreisen kein Einflufs der Höhe statt, Bouvard[3] will aber in dessen eigenen Beobachtungen zu Quito und Antisano und in denen von Caldas zu Sta. Fé de Bogota einen solchen wahrgenommen haben, welches Letztere jedoch mit der eben gemachten Bemerkung, dafs die dort beobachtete Oscillation gröfser ist, als die berechnete, nicht übereinstimmt. Sehr genaue und längere Zeit fortgesetzte Beobachtungen, welche Colonel Sykes[4] an verschiedenen Orten in Ostindien gesammelt hat, zeigen deutlich,

1 Bibl. univ. XLI. p. 281. Poggendorff Ann. XIII. 151.
2 Voyage T. X. p. 464.
3 Bibl. univ. a. a. O.
4 Phil. Trans. 1835. p. 166.

dafs an der Grenze der tropischen Zone die täglichen periodischen Oscillationen weder der Zeit noch der Gröfse nach durch mäfsige Erhebungen über die Meeresfläche gestört werden; denn die beiden Maxima fielen zwischen 9 bis 10 Uhr Vormittags und zwischen 10 bis 11 Uhr Abends, die beiden Minima aber zwischen 4 bis 5 Uhr Nachmittags und 4 bis 5 Uhr Morgens, und wurden gleichmäfsig wahrgenommen zu Dukhun 1800 engl. Fufs über dem Meere und zu Calcutta und Madras im Spiegel des Meeres, zu Kotgherry auf den Neelgherry-Bergen in 6407 engl. F. Höhe und an der ganzen Westküste von Indien. Auch während der Dauer der Mussons fanden sie statt und selbst Stürme störten sie nicht, wie dieses auch nach v. Humboldt[1] in Westindien der Fall ist. Wird hiernach der Einflufs der Höhe zweifelhaft, so gesteht doch Sykes gleichfalls zu, dafs die Gröfse der Oscillation mit der Erhebung über die Meeresfläche im Ganzen abnehme, denn er fand zu Puhna in 1823 engl. Fufs Höhe die tägliche Oscillation = 0,1166 engl. Z.; zu Mahabuleshwur in 4500 F. Höhe = 0,0694 engl. Z.; zu Hurreechundurghur in 3900 F. Höhe = 0,0969 engl. Z.; zu Kotagherry in 6407 engl. Fufs Höhe = 0,0498 engl. Z. Hier ist also der Einflufs der Höhe allerdings merkbar, jedoch machte Bombay eine seltene Ausnahme, indem daselbst nahe über dem Meeresspiegel nur 0,0766 engl. Zoll erhalten wurden. Immerhin blieb es aber räthselhaft, dafs die Oscillationen auf dem St. Bernhard gänzlich verschwinden sollten, und dennoch stimmte dieses Ergebnifs mit andern auf Schweizerbergen erhaltenen überein, denn auch die 14tägigen Beobachtungen von Eschmann auf dem Rigi in 5520 Fufs Höhe führten zu dem Resultate, dafs die Oscillationen dort nicht statt finden[2], obgleich sie aus den Beobachtungen v. Horner's zu Zürich und aus denen zu Bern unverkennbar hervorgingen[3]. Auch aus spätern Beobachtungen auf dem St. Bernhard aus den Jahren 1828, 1829 und 1830 folgerte man die Abwesenheit der periodischen Oscillationen[4], obgleich es schien, dafs eine geringe vorhanden sey, die in andere Stunden fallen sollte, wodurch dann diese Ab-

1 Relat. Hist. T. VI. P. II. p. 701.
2 Poggendorff Ann. XIII. 152.
3 Bibl. univ. T. XXXVI. p. 316.
4 Poggendorff Ann. XXIII. 119.

weichung von einer allgemeinen Regel wenig Aufklärung gewinnen würde. Wenn man jedoch bei den Beobachtungen aus den genannten Jahren die Summe der erhaltenen negativen Gröſsen von der Summe der positiven abzieht, so ergiebt sich als Differenz eine tägliche mittlere Oscillation von 0,06 par. Lin. und man kann sie daher nicht sowohl fehlend, als vielmehr nur ausnehmend gering nennen. Noch weniger läſst sich ihre Anwesenheit verkennen, wenn man die Resultate aller Beobachtungen aus den Jahren 1796 bis 1835 zusammennimmt. Hiernach[1] beträgt die Differenz zwischen 9 Uhr Morgens und 3 Uhr Nachmittags im Frühling + 0,05, im Sommer 0,31, im Herbst 0,33 und im Winter 0,09 par. Lin., so daſs also die gewöhnliche Oscillation als wirklich vorhanden erscheint. Einen wichtigen Beitrag zur Entscheidung dieser Frage hat neuerdings Kämtz[2] durch die Vergleichung gleichzeitiger Beobachtungen geliefert, welche durch ihn selbst auf dem Rigi-Culm und durch v. Horner zu Zürich angestellt wurden. Diese mit den frühern von Eschmann zusammengenommen geben für Zürich zwei Minima um 4^h 23′ und 15^h 20′ und zwei Maxima um 10^h 42′ und 19^h 40′, die Gröſse der täglichen Oscillation aber = 0,286 par. Lin. Auf dem Rigi stieg das Barometer bis etwa 2^h, sank dann bis $4^h,5$, stieg dann wieder bis nach 10^h Abends und sank wieder bis 6^h Morgens, und hieraus geht also die allerdings vorhandene, nur etwas verspätete Oscillation unverkennbar hervor. Ein ähnliches Resultat erhielt Kämtz aus seinen Beobachtungen auf dem Faulhorn im September 1832, verglichen mit gleichzeitigen von Horner zu Zürich und Gautier zu Genf. Hieraus ergiebt sich, daſs auf jener Höhe von 8250 Fuſs zwei Maxima um 10^h 36′ und $21^h,00$ und zwei Minima um 4^h 8′ und 15^h 54′ eintreten, der mittlere Unterschied beider Barometerstände aber 0‴,119 beträgt.

37) Kämtz benutzt die auf diese Weise erhaltenen Gröſsen, die auf einen seltenen Grad von Genauigkeit die gerechtesten Ansprüche haben und denen zur Begründung zuverlässiger Folgerungen bloſs die längere Zeitdauer abgeht. Nach seiner Ansicht nehmen die Oscillationen mit der Höhe ab,

---

1 Biblioth. univ. 1835. Dec. p. 459.

2 Poggendorff Ann. XXVII. 345.

verschwinden dann und werden negativ; das Verschwinden trifft also bei um soviel geringen Höhen ein, je kleiner die Oscillation an dem gegebenen Orte im Spiegel des Meeres ist. Wird dieses Gesetz unter einen analytischen Ausdruck gebracht, so sey die in der Höhe statt findende Gröſse der Oscillation $= x'$, die im Niveau des Meeres $= x$, und y bezeichne die Anzahl von Linien, um welche das Barometer in Folge der Erhebung über die Meeresfläche sinken muſs, wenn die Oscillation $= x'$ werden soll, dann ist

$$x' = x - a y.$$

Aus der Vergleichung der Oscillations-Gröſse auf dem Rigi und dem Faulhorn mit den gleichzeitig zu Zürich und Genf erhaltenen ergiebt sich sehr nahe übereinstimmend $a = 0,003694$ für den Rigi und $= 0,003674$ für das Faulhorn, so daſs man das Mittel $= 0,003684$ als der Wahrheit sehr nahe kommend ansehn kann. Läſst sich dieses annehmen, so findet man die Höhe, wo die Oscillation aufhört oder $x' = 0$ wird, durch die Formel

$$0 = x - 0,003684 \, . \, b,$$

wenn b irgend einen Barometerstand anzeigt. Unter der Linie setzt Kämtz die mittlere Gröſse der Oscillation $= 0''',854$ und die Formel: $0 = 0''',854 - 0,003684 \, . \, b$ giebt $b = 231$ Linien; mithin würde, den mittlern Barometerstand daselbst zu 337 Lin. angenommen, die Oscillation bei einem Barometerstande von $337 - 231 = 105$ Linien verschwinden. Dieses giebt, ohne Rücksicht auf die Temperatur nach der Formel

$$x = 56386,5 \text{ Log. } \frac{B}{b}$$

berechnet, 28536 Fuſs, welche Höhe bekanntlich nicht erreicht wird.

38) Den *Einfluſs der Breite* auf die täglichen Schwankungen des Barometers, sowohl rücksichtlich der Zeit, als hauptsächlich der Gröſse des Unterschiedes, hat man von Anfang an wahrgenommen, indem man zuerst glaubte, daſs sie bloſs den niedern Breiten zukämen. Berücksichtigen wir hier zunächst nur die Gröſse der Schwankung, so geht aus einer oberflächlichen Uebersicht des beobachteten Unterschiedes zwischen dem Maximum und dem Minimum an verschiedenen Orten von selbst schon ein den Breitengraden correspondiren-

der Einfluſs hervor. Einzelne Beweise hierfür beizubringen scheint mir überflüssig, da dieselben aus der unten mitgetheilten Uebersicht in genügender Menge zu entnehmen sind. Der Unterschied ist so auffallend, daſs die Gröſse der Oscillation nach Forbes zu London sich schon doppelt so groſs zeigt, als zu Edinburg, und zu Paris fast dreimal so groſs. In dieser Beziehung sind aber die Beobachtungen unter hohen Breiten von groſser Wichtigkeit. Es standen hierfür zuerst nur diejenigen zu Gebote, welche Parry auf seiner ersten Entdeckungsreise vom März bis August 1819 zu Melville unter 74° N. B. anstellte und aus denen ein Steigen des Barometers von 0 bis 4 Uhr folgt, welches Daniell[1] zur Unterstützung seiner Hypothese über dieses Problem benutzte. Forbes und Kämtz bemerken jedoch beide, daſs die Beobachtungen hierzu nicht geeignet sind, weil ihnen die Correction für die Temperatur fehlt. Inzwischen ist der mittlere Stand des Barometers in engl. Zoll

um 16 Uhr	= 29",8666	um 4 Uhr	= 29",8661
20 —	= 29,8633	8 —	= 29,8708
0 —	= 29,8631	12 —	= 29,8696.

Daſs hiernach das Barometer von 0^h bis 4^h steigt, anstatt zu sinken, fällt sogleich auf, nach genauerer Untersuchung findet aber Hällström

Minimum bei	1^h 19'	Minimum bei	15^h 10'
Maximum —	8 47	Maximum —	18 43.

Auf der zweiten Reise des Capitain Parry wurden die Beobachtungen während 6 Monaten vom Nov. 1824 bis April 1825 mit Einschluſs der um 16 Uhr nicht bloſs sehr gewissenhaft und mit den geprüftesten Instrumenten angestellt, sondern sie wurden auch alle auf den Gefrierpunct des Wassers reducirt, und geben ganz entschieden negative Oscillationen, nämlich eine Abnahme von 4 Uhr bis 10 Uhr, von 16 Uhr bis 22 Uhr und wieder eine Zunahme von 22 Uhr bis 4 Uhr. Es sind also zwei Maxima und zwei Minima vorhanden, aber denen entgegengesetzt, welche unter mittleren und niederen Breiten beobachtet werden. Der gröſste Unterschied fand zwischen 16^h und 22^h statt und betrug 0",0089 engl.

1 Meteorol. Essays. T. I. p. 251.

Bei weitem am wichtigsten in dieser Beziehung sind die zwei Jahr und sechs Monate anhaltend fortgesetzten, mit den besten Instrumenten angestellten, gehörig corrigirten und auf 0° C. reducirten Beobachtungen des Capitain Ross[1] zu Felix Harbour unter 70° 0′ N. B. 91° 53′ westl. L. von Greenwich und sie verdienen bei ihrer Seltenheit gewifs eine ausführlichere Mittheilung. Die Beobachtungen wurden täglich dreimal, um 21^h, 5^h und 12^h angestellt und geben folgende monatliche mittlere Resultate in engl. Zoll.

Monat	21 Uhr	5 Uhr	Mitternacht
Januar	29″,8127	29″,8237	29″,9035
Februar	29,9790	29,9873	29,9743
März	29,9737	29,9730	29,9593
April	29,9793	29,9960	30,0023
Mai	30,1435	30,1425	30,1380
Juni	30,0330	30,0270	30,0100
Juli	29,8915	29,8940	29,8845
August	29,8675	29,8605	29,8450
September	29,8170	29,8295	29,8265
October	29,9565	29,9600	29,9545
November	29,9403	29,9377	30,0935
December	29,9217	29,9250	29,9155
Mittel	29,94132	29,94635	29,95891

Hier zeigt sich eine Oscillation, welche der unter niederen Breiten entgegengesetzt ist, indem das Barometer um 5 Uhr 0″,00503 höher ist, als um 21 Uhr, aber 0″,01256 niedriger, als um Mitternacht. Dieses letztere Maximum ist nicht wohl erklärbar, da ihm nicht füglich ein zweites Maximum um 0 Uhr entgegenstehn kann. Nach den Jahreszeiten geordnet erhalten wir folgende Gröfsen.

Jahreszeiten	21 Uhr	5 Uhr	Mitternacht
Frühling	30,02550	30,03717	30,03320
Sommer	29,93070	29,92717	29,93137
Herbst	29,90460	29,90907	29,95817
Winter	29,90447	29,91200	29,93110

1 Narrative of a second Voyage in Search of a North-West Passage cet. during the years 1829, 1830, 1831, 1832 et 1833 cet. Lond. 1835. gr. 4. Appendix.

Da bei so genauen und lange anhaltenden Messungen auch kleine Werthe von Wichtigkeit sind, so verdient hierbei beachtet zu werden, dafs die negative Oscillation zwischen 22 Uhr und 5 Uhr im Sommer und Herbst wieder positiv ist, so dafs also der erst mit zunehmender Breite sich zeigende Unterschied der Jahreszeiten, wonach im Ganzen dem Sommer die stärksten Oscillationen zugehören, auch hier durch einen Uebergang vom Negativen zum Positiven zum Vorschein kommt. Die positive Oscillation zwischen 5 Uhr und Mitternacht ist bei weitem am stärksten im Herbst, minder stark im Winter und negativ im Frühling. Dieser Umstand scheint mir jedoch kaum der Beachtung werth, denn der Ueberblick der einzelnen Monate zeigt einen solchen regellosen Wechsel, dafs damit ein bleibendes Gesetz nicht wohl bestehn kann.

39) Der Einflufs der geographischen Breite auf die Gröfse der Oscillation ist demnach keinen Augenblick zu verkennen und man kann dieselbe daher als eine Function des Cosinus der Breite betrachten, entweder als eine einfache oder als eine zusammengesetzte. Kämtz[1] wählte früher die letztere, ebendieses geschah durch Hällström, welcher dafür folgenden Ausdruck aufstellte:

$$z = 0{,}3931 - 2{,}3536 \, \text{Cos.}\, \varphi + 4{,}5687 \, \text{Cos.}^2 \varphi,$$

worin z den Unterschied zwischen dem gröfsern Maximum und dem kleinern Minimum in par. Lin. bezeichnet. Bouvard betrachtet die Gröfse der Oscillation gleichfalls als eine Function des Quadrats des Cosinus der Breite, führt jedoch seiner Theorie gemäfs einen aus der Temperatur entnommenen Coefficienten ein, Kämtz entlehnt die Constanten aus den Beobachtungen und erhält hiernach unter der Voraussetzung, dafs für beide Hemisphären das nämliche Gesetz gilt, den Ausdruck

$$z = -\,0''',1491 + 1''',0028 \, \text{Cos.}^2 \varphi.$$

Forbes erhält auf gleiche Weise in Millimetern, die ich jedoch, der leichtern Uebersicht wegen, auf par. Linien reducire,

$$z = -\,0''',1552 + 1''',3389 \, \text{Cos.}^{\frac{5}{2}} \varphi.$$

Eine Zusammenstellung der beobachteten und nach seiner Formel berechneten Werthe von Kämtz zeigt eine sehr genaue Ue-

1 Schweigg. Journ. N. R. Th. XXIX. S. 157.

bereinstimmung beider; ich theile diese daher hier mit und vermehre sie um die sonstigen mir bekannt gewordenen Beobachtungen, wobei die nebenstehenden berechneten Werthe gleichfalls nach der Formel von Kämtz gefunden worden sind. Die von mir hinzugesetzten sind mit einem Sternchen (*) bezeichnet.

Orte	Breite			beobachtet	berechnet	Unterschied
* Port Jackson[1]	33°	51′	S.	0‴,754	0‴,542	—0‴,212
* Port Macquarie †	31	26	—	0,430	0,592	+ 0,162
Rio Janeiro[2]	22	54		0,754	0,702	— 0,052
* Port Louis[1]	20	10	—	0,759	0,732	— 0,027
* Port Louis[3]	—	—	—	0,844	0,732	— 0,112
Taiti[4]	17	29	—	0,729	0,763	+ 0,034
Grofser Ocean[5]	16	0	—	0,688	0,777	+ 0,089
Callao[6] . . .	12	3	—	0,814	0,810	— 0,004
Lima[6]	12	3	—	1,202	0,810	— 0,392
* Coupang[1] (Timor)	10	9	—	1,316	0,823	— 0,493
* Ascension[3] . .	7	55	—	1,080	0,835	— 0,245
Payta[7] . . .	5	6	—	0,921	0,846	— 0,075
* Quito	0	14	—	1,001	0,853	— 0,148
* Offak[3] . . .	0	2	—	1,302	0,854	— 0,448
* Rawak[1] . . .	0	2	—	1,160	0,854	— 0,306
Grofser Ocean[5]	0	0		0,756	0,854	+ 0,098
Popayan[8] . . .	2	26	N.	0,850	0,852	+ 0,002
Ibague[6]	4	28	—	0,851	0,848	— 0,003
Sta. Fé de Bogota[9]	4	36	—	0,889	0,847	— 0,041
* Sta. Fé de Bogota[8]	4	36	—	0,934	0,847	— 0,087
Sierra Leone[10]	8	30	—	0,685	0,832	+ 0,147
Cumana[6] . . .	10	28	—	0,789	0,821	+ 0,032
Caraccas[6] . . .	10	31	—	0,960	0,820	— 0,140
La Guyara[9] . .	10	36	—	0,839	0,820	— 0,019

1 Freycinet nach Ms. bei Forbes.

† Th. Brisbane in J. Oltmann's Grundlagen d. Erdbeschreibung. S. 97.

2 Dorta.

3 Duperrey Reisen. Nach Forbes.

4 Simonoff.

5 v. Horner und v. Langsdorf.

6 v. Humboldt.

7 Duperrey nach v. Humboldt in Rel. hist. T. X.

8 Caldas bei v. Humboldt a. a. O.

9 Boussingault bei v. Humboldt a. a. O.

10 Sabine.

Orte	Breite	beobachtet	berechnet	Unterschied
Madras	13° 4' N.	0''',625	0''',802	+0''',177
Chittledroog [11] .	14 11 —	0,733	0,793	+ 0,060
Cavite auf Lüzon [12]	14 34 —	0,863	0,792	— 0,071
Grofser Ocean [5]	18 0 —	0,641	0,758	+ 0,147
Mexico [6] . . .	19 26 —	0,704	0,743	+ 0,039
Calcutta [13] . . .	22 35 —	0,815	0,706	— 0,109
* Berhampoor [14]	24 4 —	0,982	0,687	— 0,295
* Benares [15] . .	25 30 —	1,196	0,668	— 0,528
Cairo [16]	30 2 —	0,683	0,603	— 0,080
* Peking [17] . .	39 54 —	0,815	0,441	+ 0,374
* Marseille [18] . .	43 17 —	0,368	0,382	+ 0,014
* Toulouse [19] . .	43 36 —	0,445	0,377	— 0,068
* Nismes [20] . .	43 50 —	0,435	0,373	— 0,062
* Alais [21] . . .	44 7 —	0,439	0,368	— 0,071
* Orange [22] . .	44 8 —	0,377	0,368	— 0,009
Viviers	44 29 —	0,372	0,361	— 0,011
Padua [23] . . .	45 24 —	0,214	0,345	+ 0,031
* Chambery [24] .	45 34 —	0,445	0,342	— 0,103
* Fort Vancouver [25]	45 38 —	0,675	0,341	— 0,334
Clermont [26] . .	45 47 —	0,346	0,339	— 0,007
* Genf [27]	46 12 —	0,313	0,331	+ 0,018
* Bern [28]	46 57 —	0,399	0,318	— 0,081

11 Kater.

12 Lenz in Mém. de Petersb. VIme Sér. T. I. p. 319.

13 Balfour, Farquhar und Pearch.

14 Russell in Phil. Trans.

15 Prinsep in Phil. Trans.

16 Coutelle.

17 Fuss in Mém. de Petersbourg VI. Sér. T. III.

18 Gambart in Conn. des Temps. Nach Forbes.

19 Marqué Victor in Mém. de l'Acad. de Toulouse. Nach Forbes.

20 Valz, nach Originalbeobachtungen an Forbes mitgetheilt.

21 D'Hombres Firmas desgl.

22 Gasparin desgl.

23 Chiminello.

24 Billiet. Mém. de l'Acad. de Chambery. Bei Forbes.

25 Gairdner in Edinb. Phil. Journ. N. XXXIX. p. 67.

26 Ramond.

27 Aus 40jährigen Beobachtungen von 1796 bis 1835 in Bibl. univ. 1835. Dec. p. 453.

28 Fueter aus zehnjährigen Beobachtungen in Bibl. univ. Nach Forbes.

Orte	Breite	beobachtet	berechnet	Unterschied
* Zürich[29] . .	47° 22′ N.	0‴,390	0‴,311	−0‴,079
Zürich[30] . . .	47 22 —	0,286	0,311	+ 0,025
München[31] . .	48 8 —	0,213	0,298	+ 0,085
* Strafsburg[32] .	48 35 —	0,297	0,290	— 0,007
Paris[33] . . .	48 50 —	0,242	0,285	+ 0,043
* Carlsruhe[34] .	49 1 —	0,202	0,280	— 0,078
* Heidelberg . .	49 25 —	0,288	0,275	— 0,013
* Mannheim[35] .	49 29 —	0,270	0,274	+ 0,004
* La Chapelle[36]	49 49 —	0,217	0,268	+ 0,051
* Maestricht[37] .	50 51 —	0,253	0,251	— 0,002
Gotha	50 56 —	0,299	0,249	+ 0,050
Halle	51 29 —	0,212	0,240	+ 0,028
* London[38] . .	51 30 —	0,253	0,240	— 0,013
Königsberg[39] . .	54 42 —	0,084	0,186	+ 0,102
* Edinburg[40] . .	55 55 —	0,128	0,166	+ 0,038
Christiania[41] . .	59 55 —	0,230	0,103	— 0,127
Abo[42]	60 27 —	0,113	0,095	— 0,018
* Felix Harbour[43]	70 0 —	−0,056	−0,032	— 0,024
* Port Bowen[40]	73 15 —	−0,100	−0,066	— 0,034

Wenn man berücksichtigt, wie weit die hier angegebenen beobachteten Gröfsen von absoluter Genauigkeit entfernt seyn müssen, da verschiedene derselben nur kurze Zeit ange-

---

29 v. Horner aus einjährigen Beobachtungen, ebend.

30 v. Horner aus 29tägigen Beobachtungen, berechnet durch Kämtz in Poggendorff Ann. XXVII. 347.

31 v. Yelin.

32 Herrenschneider in seinem jährlichen Résumé des observations météorologiques. Das Mittel aus den Unterschieden zwischen Morgen, Mittag und Abend.

33 Bouvard.

34 Eisenlohr. Unterschied zwischen Mittag und Abend, ist also zu klein.

35 v. Heiligenstein aus zweijährigen Beobachtungen.

36 Nell de Bréauté aus achtjährigen Beobachtungen an Forbes mitgetheilt.

37 Crahay aus neunjährigen Beobachtungen. Bei Quetelet.

38 Royal Soc. in Phil. Trans. Nach Forbes.

39 Sommer.

40 Forbes a. a. O.

41 Hansteen Magazin for Naturvidenskaberne 1824. Heft 2.

42 Hällström.

43 Ross in Narrative of a Second Voy. App.

stellt worden, nicht alle Beobachter die nämlichen Perioden innehielten und auch der gewissenhafteste zufällige Abhaltungen nicht vermeiden kann, ja da sogar Beobachtungs- und Rechnungsfehler eben wegen der Leichtigkeit der Aufgabe einschleichen können, so muſs man die genaue Uebereinstimmung der beobachteten und der berechneten Werthe wahrhaft überraschend finden, und es geht auf jeden Fall hieraus hervor, daſs das Gesetz der mit zunehmenden Breiten abnehmenden Gröſse dieser barometrischen Oscillation füglich durch die angegebene einfache Formel ausgedrückt werden könne. Wollte jemand die vorzüglichern Beobachtungen nach ihrem Gewichte ordnen und dann aus ihnen die Constanten der Formel bestimmen, so lieſse sich auf diesem Wege zu einem genauern Ausdrucke gelangen, allein es scheint mir dieses nicht einmal des erforderlichen Aufwandes von Zeit und Mühe werth zu seyn, da ich glaube, daſs genügende Thatsachen zur Begründung einer Erklärung dieses Phänomens vorhanden sind.

40) Die Ursache dieser regelmäſsigen Schwankungen des Barometers suchte man zuerst in einer wechselnden Ebbe und Fluth der Atmosphäre, derjenigen ähnlich, welche beim Wasser wahrgenommen wird; allein der gänzliche Mangel des Zusammenfallens derselben mit der täglichen Culmination des Mondes zwingt sofort hiervon zu abstrahiren. Desto auffallender ist der Zusammenhang dieser Oscillation mit dem täglichen Laufe der Sonne, und da man nicht füglich auf eine Anziehung dieses Weltkörpers gegen die Atmosphäre, als Ursache des Phänomens, schlieſsen kann, weil sonst der Mond eine noch stärkere Wirkung hervorbringen müſste, so war es natürlich, zur Erwärmung durch dieselbe seine Zuflucht zu nehmen. Schon Bouguer[1] äuſserte diese Hypothese; La Place fand sie wahrscheinlich[2], ohne sie jedoch deutlich zu entwickeln, weil ihm das Problem für die Analyse zu schwer schien[3]; am ausführlichsten hat Ramond[4] dieselbe behandelt,

1 Monatl. Corresp. Th. XXI. S. 218.

2 Bouvard in Bibl. univ. T. XLI. p. 284. Ann. Ch. Ph. XXIV. p. 280.

3 Vergl. E. Schmidt math. u. phys. Geographie. Th. II. S. 323.

4 Mém. de l'Inst. 1808. p. 108. Vergl. G. G. Schmidt Hand- u. Lehrbuch d. Naturlehre. Gieſs. 1826. S. 180.

allein er berücksichtigt vorzüglich das Höherwerden der Atmosphäre durch die Erwärmung, das hierdurch bewirkte Abfliefsen der höhern und das Herbeiströmen der seitwärts befindlichen Luftschichten, woraus jedoch, ohne künstliche Mittel anzuwenden, zunächst ein Steigen des Barometers zur Zeit der Culmination der Sonne folgen würde, auch geht der doppelte Wechsel vom Maximum zum Minimum keineswegs unmittelbar daraus hervor. Carlini[1] nimmt an, das Phänomen werde durch zwei vereinte Ursachen, die Erwärmung und die Anziehung durch die Sonne, bewirkt. Daniell[2] sieht nicht sowohl die Wärme unmittelbar, als vielmehr die hierdurch erzeugten Luftströmungen, namentlich das Abfliefsen der erwärmten obern Luftschichten in der heifsen Zone und das Herbeiströmen der kälteren Luftmassen aus den Polargegenden, als Ursache dieser Schwankungen an[3], insofern der Stand des Barometers gleichbleibend seyn mufs, so lange diese Strömungen regelmäfsig statt finden, aber in Schwankungen geräth, wenn sie durch partielle Erwärmungen gestört werden. Da diese regelmäfsigen Erwärmungen zunächst unter dem Aequator statt finden, so mufs die Gröfse der Oscillationen hier am stärksten seyn, allmälig mit den höhern Breitengraden abnehmen und zuletzt negativ werden, wofür Daniell einen Beweis in den von Parry auf Melville beobachteten ungekehrten Schwankungen findet. Inzwischen erklärte sich sehr bald Kämtz[4] gegen diese Hypothese, da sich eine so regelmäfsige Störung dieser Strömungen kaum vorstellen läfst, deren Daseyn nach v. Humboldt[5] überall noch nicht genügend bewiesen worden ist. Bouvard[6] betrachtet die Oscillationen als eine Folge der Erwärmung insoweit, dafs sogar die Gröfse

1 Mém. della Soc. Ital. delle Sci. T. X.

2 Meteorol. Essays. T. I. p. 251.

3 Eigentlich ist Leslie mit dieser Hypothese vorangegangen, indem er in der Encyclopaedia Britannica die Ursache in einer Centrifugalbewegung findet, welche die Luftströmungen durch den Umschwung der Erde erhalten sollen, Daniell widerlegte diese Theorie, Meikle aber sucht sie modificirt zu vertheidigen. Edinb. New Phil. Journ. N. VII. p. 107.

4 Schweigg. Journ. N. R. Th. XV. S. 169.

5 Voyage. T. X. p. 464.

6 Bibl. univ. T. XLI. p. 284. Schweigg. Journ. Th. LIX. S. 129. von Kämtz.

derselben dem Unterschiede der Temperatur proportional seyn soll. Diesem giebt er für dieselbe den Ausdruck

$$m' = m \frac{t}{t'} \operatorname{Cos.}^2\varphi,$$

worin m die unter dem Aequator, m' die unter der Breite φ statt findende Aenderung des Barometers von 21^h bis 3^h, t die mittlere Temperatur an dem gegebenen Orte zu dieser Zeit, t' die unter dem Aequator (im Mittel = 30° C.) seyn soll. Inzwischen zeigen Kämtz und Forbes sehr überzeugend das Ungenügende dieses Ausdrucks, da hiernach die Schwankung verschwinden müfste, wenn t = 0 wird, und für Temperaturen unter 0° C. negativ seyn würde. Der Gegensatz müfste sich demnach unter höhern Breiten schon in kalten Wintern zeigen, wovon jedoch Kämtz in den Wintermonaten von 1829 auf 1830 keine Spur wahrnahm.

41) Bei weitem die gründlichsten Untersuchungen über die Ursachen dieser periodischen Oscillationen hat Dove [1] angestellt und dabei die zu Apenrade 10mal des Tages gemachten einjährigen Beobachtungen des Barometers, Thermometers und Hygrometers zum Grunde gelegt. Nach seiner ins Kurze gefafsten Ansicht ist der Druck auf das Quecksilber im Barometer ein zusammengesetzter aus dem der trocknen Luft und des Wasserdampfes; bei steigender Wärme vermindert sich die Dichtigkeit der Luft, die Verdampfung steigt dagegen, beide Aenderungen wirken einander entgegen, und man mufs sie daher von einander getrennt betrachten, um zu dem Resultate zu gelangen, dafs ein Uebergewicht der einen Wirkung über die andere vorhanden und der Zeit sowohl als auch der Gröfse nach den Beobachtungen angemessen sey. Durch eine elegante Berechnung beider Ursachen gelangt man allerdings zu einem der Erfahrung nahe kommenden Resultate, allein bedeutende Gegengründe scheinen dennoch zu hindern, diese Hypothese für genügend zu halten.

1) Ein Hauptargument liegt in der Vorstellung, die wir uns von der Wirkungsart dieser Ursachen bilden. Allerdings vermindert die Temperatur-Erhöhung die Dichtigkeit der Luft, sie erhöht aber um ebensoviel ihre Elasticität, wenn nicht zugleich ein Abfliefsen derselben statt findet, und dieses läfst sich

1 Poggendorff Ann. XXII. 219.

nicht sogleich und ohne Weiteres annehmen, weil die umgebenden Luftschichten nicht sofort ausweichen und auch das Aufsteigen eine gewisse Zeit erfordert, um so mehr als die Erwärmung am stärksten zunächst über der Erdoberfläche statt findet, wo auch die Dampfbildung ihren Sitz hat.

2) Man kann die Wirkung des Wasserdampfes derjenigen, die durch die Luft hervorgebracht wird, nicht entgegensetzen, denn der schon gebildete, als solcher in der Luft vorhandene Dampf erleidet die nämliche Veränderung, welche die trockne Luft trifft; die Wirkung beider ist daher eine gemeinschaftliche und selbst auch der neu erzeugte Dampf vermehrt, bei fehlendem Abflusse, die Menge der auf das Quecksilber drückenden Flüssigkeiten. Obgleich daher das specifische Gewicht der Luft durch Erwärmung und Dampfbildung geringer wird, so wächst dennoch unter den vorhandenen Bedingungen ihr absoluter Druck gegen das Quecksilber im Barometer.

3) Wenn die Temperaturerhöhung die Wirkung, auch durch zwei verschiedene und abgesonderte Potenzen, hervorbringt, so kann es bei einem einzigen täglichen Wechsel der Wärme vom Maximum zum Minimum schlechthin nur eine einzige barometrische Oscillation vom höchsten zum niedrigsten Stande binnen 24 Stunden geben. Dieses letztere Argument ist nach meiner Ansicht so einleuchtend, dafs ich schon deswegen allein dieser mit grofsem Scharfsinn durchgeführten Theorie, so wie sie gegeben ist, nicht beitreten kann, sondern lieber versuchen will, eine andere, diesen Umstand berücksichtigende Hypothese aufzustellen.

42) Dafs die täglichen Oscillationen von der Erwärmung durch die Sonnenstrahlen herrühren, geht aus ihrer Betrachtung unmittelbar hervor, und die vollständige Erklärung derselben scheint mir sogar nicht einmal schwierig zu seyn, wenn man nur folgende drei Bedingungen gehörig berücksichtigt.

a) Die Erwärmung durch die Sonnenstrahlen trifft gleichzeitig das halbe Luftsphäroid ganz, mufs daher auch dieses ganz afficiren, und zwar wird nicht blofs die trockne Luft, sondern auch der in ihr enthaltene Wasserdampf erwärmt, beide werden ausgedehnt, wirken mithin gemeinschaftlich und in dem nämlichen Sinne.

b) Man darf die hierdurch bewirkte Ausdehnung nebst deren Folgen nicht für sich allein betrachten, sondern mit Rücksicht auf die Trägheit der in Bewegung kommenden Gesammtmasse.

c) Vor allen Dingen ist zu berücksichtigen, daſs jede Masse einer Flüssigkeit, sobald sie einmal in Bewegung gesetzt worden ist, diese von selbst wellenartig regelmäſsig wiederholt. Wenn daher die Erde plötzlich still stände (dieses Aufhören ihrer Rotation einmal ohne weitere Folgen als möglich angenommen), so würden die barometrischen Oscillationen noch eine Zeit lang regelmäſsig fortdauern und erst nach allmäliger Abnahme gänzlich aufhören, wie die Wellen des Oceans nach einem in Windstille übergehenden Sturme. Daſs dieses Gesetz nicht bloſs auf Wasser und sonstige tropfbare Flüssigkeiten, sondern auch auf die Luft Anwendung leide, bedarf, wie ich glaube, keines Beweises.

Denken wir uns diesemnach die ganze Atmosphäre der Erde als ruhend und die Erwärmung derselben, mit Ausschluſs dieser Einwirkung auf die untere Erdhälfte, auf der obern beim Aufgange der Sonne anfangend, so muſs die Luft hier ausgedehnt werden und einen vermehrten Druck auf das Barometer ausüben. Das Steigen des Barometers muſste also für irgend einen gegebenen Ort um 18^h anfangen; daſs es schon um 16^h beginnt, liegt in einer Verspätung der Gesammtperiode, wie sogleich gezeigt werden soll. Die erwärmte Luft wird demnach anfangen sich auszudehnen, allein diese nach allen Seiten hin beginnende Ausdehnung wird durch die Trägheit der in Bewegung zu setzenden Masse gehindert, die nicht anders als allmälig überwunden werden kann. Ist diese aufsteigende Bewegung einmal eingeleitet, so wird sie auf gleiche Weise fortdauern, demnächst ein Uebergewicht über die Ausdehnung erhalten und das Barometer muſs wieder sinken, bis es sein Minimum erreicht, worauf dann, wenn auch diese Oscillation über den Zustand des Gleichgewichts hinausgerückt ist, die entgegengesetzte beginnt, gleichfalls ihr Maximum erreicht, und das zweite tägliche Maximum des Barometerstandes erzeugt die Erwärmung, und die hierdurch verursachte Schwankung läuft seit Jahrtausenden regelmäſsig um unsere Erde, auf der abgewandten Seite der Erde entstehn daher die nämlichen Wellen, die sich der ent-

gegengesetzten Erdhälfte mittheilen, theils wegen des innigen Zusammenhanges der ganzen Atmosphäre, theils und hauptsächlich in Folge der einmal erregten und daher auch fortschreitenden Wellenbewegung. Die wirkende Ursache, die Erwärmung der Atmosphäre, welche auch Kämtz als das eigentlich Bedingende betrachtet, trifft zunächst diejenigen Schichten, welche die Oberfläche der Erde berühren, und ist hier am stärksten in ihrer Wirkung, theils wegen der Erhitzung des Bodens, theils wegen der Dampfbildung, theils weil die dichtere Luft in diesen untersten Schichten durch die Sonnenstrahlen am stärksten erwärmt wird. Von hier aus beginnt die Bewegung, wird allmälig in gröfsere Höhen fortgepflanzt, wo die dünnere Luft an der Erwärmung einen nur geringen und endlich einen blofs verschwindenden Antheil nimmt; es mufs daher eine Grenze geben, wo die Oscillation wegen der zu dieser fortschreitenden Bewegung erforderlichen Zeit aufhört, und über diese Grenze hinaus mufs die Oscillation negativ werden. Die oben erwähnten sinnreichen Folgerungen, welche Kämtz aus seinen Beobachtungen auf dem Rigi und dem Faulhorn abgeleitet hat, sind also theoretisch vollständig begründet. Ferner aber ist die Ursache der Oscillation und also auch ihre Wirkung unter der Linie am stärksten und nimmt nach den Polen hin ab, um so mehr, als sich die Erwärmung zur Winterzeit nur bis zum Polarkreise der zugehörigen Halbkugel, auf der entgegengesetzten aber über den Pol hinaus bis zu der nämlichen Grenze erstreckt. Wollten wir annehmen, dafs die Enden der grofsen Welle sich bis ganz zu den Polen hin erstreckten, so würden dort die Spitzen der Wellenberge und der Wellenthäler zusammentreffen, sie müfsten sich einander zurückstofsen und vernichten; hieraus entstände nothwendig nicht sowohl ein Zustand der Ruhe, als vielmehr eine sich bis auf einige Breitengrade in die Polarzone erstreckende entgegengesetzte Oscillation. Diese, die sich in der Erfahrung wirklich findet, ist also durch die eben genannte, seit Jahrtausenden bestehende Ursache erzeugt, oder, was mir wahrscheinlicher dünkt, sie beruht auf einem ähnlichen Grunde, als welcher die Umkehrung der Oscillationen in gröfseren Höhen herbeiführt. Sobald nämlich die Enden der grofsen Welle sich nicht bis zu den Polen hin erstrecken können, mufs die in das Wellenthal vom Pole her eindringende

Luft aufgehäuft werden, sich ansammeln und somit allmälig aus gleichen Gründen eine auf die Polarzone beschränkte entgegengesetzte Oscillation annehmen.

Diese Hypothese ist den sicher ausgemittelten Thatsachen so sehr angemessen, dafs es kaum erforderlich scheint, dieses noch weiter im Einzelnen darzuthun. Wollte man die Wirkung von der Erwärmung allein und unmittelbar ableiten, so müfste die Oscillation in der gemäfsigten Zone im Sommer gröfser seyn, als unter dem Aequator, weil die Erwärmung dann gröfser ist; dieses findet jedoch nicht statt, vielmehr zeigt sich nur ein angemessener Einflufs der gröfsern Sonnenhöhen darin, dafs die Schwankungen im Sommer etwas gröfser und dafs die beiden am Tage dann etwas weiter vom Mittage abstehend sind, als im Winter. Die Abnahme der Oscillation mit zunehmender Breite endlich liegt so in der Natur der Sache, dafs sie keiner weiteren speciellen Erklärung bedarf.

43) Die zweite wichtige Frage, nämlich welcher mittlere Barometerstand den verschiedenen Orten der Erde zugehöre und welchen Einflufs die Grade der Breite hierauf haben, ist im Art. *Barometer* gleichfalls erörtert worden. Es wurde dabei stillschweigend angenommen, dafs in dieser Beziehung blofs die Breitengrade zu berücksichtigen seyen, indem die Torricelli'sche Quecksilbersäule unter den nämlichen Parallelen in beiden Hemisphären gleiche Länge habe. Inzwischen sind seitdem auch hierüber, mindestens durch einige Bemerkungen, Zweifel erhoben worden, ob diese letztere Voraussetzung hinlänglich begründet sey; im Ganzen scheint mir jedoch ein constanter Einflufs der Länge aus theoretischen Gründen nicht wahrscheinlich, und es dürften diejenigen Abweichungen, die man ganzen oder halben Meridianen beizulegen geneigt ist, vielmehr als örtliche Abweichungen zu betrachten seyn.

Ein Einflufs der Breitengrade auf den mittlern Barometerstand folgt aus theoretischen Gründen, noch mehr aber geht er aus unleugbaren Messungen deutlich hervor, bei der Untersuchung der ganzen Aufgabe mufs aber unterschieden werden, inwiefern die als hohles Sphäroid auf der Erde ruhende Atmosphäre an und für sich die Höhe der Quecksilbersäule im Barometer unter verschiedenen Breiten bedingt und welche Einflüsse die gewissen Zonen zugehörigen regelmäfsigen Be-

wegungen des Luftmeeres darauf ausüben. Blofs das Erstere berücksichtigend folgte ich einer ausführlichen Darstellung v. LINDENAU's[1], wonach die Barometerhöhe unter dem Aequator wegen verminderter Schwere, und dieser proportional, kürzer seyn soll, als unter den Polen, was sich jedoch bei genauerer Untersuchung als unzulässig herausstellt, indem die verminderte Schwere beide Flüssigkeitssäulen, die des Quecksilbers und der Luft, gleichmäfsig afficirt und blofs der Einflufs der Schwungkraft übrig bleibt. Inzwischen folgt auf jeden Fall, die Aufgabe so, wie in voraus festgesetzt worden ist, betrachtet, dafs der mittlere Stand des Barometers unter der Linie am geringsten, unter den Polen aber am gröfsten sey. Als einen Anhänger dieser Ansicht zeigte sich auch v. HUMBOLDT[2], HANSTEEN[3] aber trat als Gegner derselben auf, indem er behauptete, dafs gerade umgekehrt das Barometer unter dem Aequator am höchsten stehe und mit den Graden der Breite abnehme. Theoretisch zeigt er, dafs für die Länge der Quecksilbersäule im Barometer das nämliche Gesetz als für die Pendellängen statt finden müsse, und findet also nach der gehörigen Reduction auf 0° C. und den Spiegel des Meeres den allgemeinen Ausdruck:

$$B = 760{,}857 - 0{,}61733 \,\text{Sin.}^2 \varphi + 8{,}353 \,\text{Sin.}^4 \varphi \text{ in Millim.}$$

$$B = 337{,}285 - 0{,}26403 \,\text{Sin.}^2 \varphi + 8{,}000 \,\text{Sin.}^4 \varphi \text{ in par. Lin.}$$

Hiernach sind dann von ihm folgende, den zunehmenden Breitengraden zugehörige, Barometerstände berechnet worden:

Breite	Millim.	Lin.	Breite	Millim.	Lin.
0°	760,857	337,285	50°	758,434	336,211
10°	760,732	337,230	60°	757,763	336,914
20°	760,429	337,070	70°	757,217	336,671
30°	759,822	336,827	80°	756,860	335,513
40°	759,149	336,528	90°	756,737	335,458

HANSTEEN wurde zur Annahme dieser theoretischen Bestimmungen hauptsächlich durch die an den norwegischen Küsten beobachteten niedrigen Barometerstände bewogen und er ver-

1 v. ZACH Mon. Cor. Th. XXI. S. 215. Unrichtig steht Th. I. S. 914. v. ZACH als Verfasser dieser Abhandlung.

2 Voyage T. XI. p. 1.

3 Magazin for Naturvidenskaberne 1824. H. 2. p. 269.

gleicht sie daher mit dem von ihm selbst aus mehrern Jahren zu Christiania erhaltenen mittleren Barometerstande, mit dem zu Bergen, zu Hardanger und zu Paris gefundenen, wobei sich allerdings eine sehr genaue Uebereinstimmung herausstellt; jedoch wird die unten folgende Zusammenstellung einer grofsen Menge von Beobachtungen zeigen, dafs das aufgestellte Gesetz keineswegs allgemeine Anwendung leide.

Als einen Anhänger der Hypothese, dafs die Barometerhöhe von ihrem Maximum unter der Linie an nach den Polen hin regelmäfsig abnehmen müsse, erklärte sich Schouw[1], hauptsächlich weil Thorstensen zu Näs bei Reikiavig auf Island aus dreijährigen Beobachtungen den auf 0° C. reducirten Barometerstand = 333,45 und Mühlenpfort zu Godhaal auf Grönland aus fünfjährigen = 332,81 par. Lin. gefunden hat. Die letztere Gröfse ist zwar nicht auf 0° C. reducirt, allein da die mittlere Temperatur dort nicht viel von 0° C. abweicht und der gefundene Barometerstand schwerlich durch Einwirkung künstlicher Wärme bedeutend zu grofs seyn wird, so beweist die Angabe, ein richtiges Barometer vorausgesetzt, mindestens den dort statt findenden niedrigen Barometerstand. Auch Oersted äufserte mündlich gegen mich, dafs er sich zur Hypothese Hansteen's bekenne, und stützte sich dabei vorzüglich auf den zu Apenrade gefundenen mittleren Barometerstand. Kämtz[2] neigt sich mehr zur entgegengesetzten Ansicht, entscheidet jedoch nicht bestimmt darüber, weil der Einflufs des Dampfgehaltes der Atmosphäre noch nicht genug bekannt sey. Erman[3] dagegen spricht den Satz, dafs die mittlere Barometerhöhe mit den Breitengraden abnehme, entscheidend aus. Neuerdings hat Poggendorff[4] die ganze Aufgabe ausführlich untersucht und gelangt hierdurch zu dem Resultate, dafs eine Correction (wie ich verstehe der beobachteten Barometerhöhen) wegen der Schwere nothwendig sey. Durch die Art der Darstellung wird die Sache sehr klar. Denkt man nämlich, wie zwei Schenkel einer communicirenden Röhre, in deren einem Quecksilber, im andern Luft bis zur Grenze

1 Tidskrift for Naturvidenskaberne. T. IV. p. 347.
2 Meteorologie. Th. II. S. 292.
3 Poggendorff Ann. XXIII. 122.
4 Dessen Annalen XXXVII. 468.

der Atmosphäre, enthalten ist, die sich beide das Gleichgewicht halten, im Niveau des Meeres vom Pole zum Aequator hin bewegt werden, so afficirt die Abnahme der Schwere unter dem Aequator beide Flüssigkeiten gleichmäfsig, wirkt jedoch nicht auf die Elasticität der Luft, welche sich demnach ausdehnt, und da Letzteres bei der Quecksilbersäule nicht statt findet, so würde zur Herstellung des Gleichgewichts eine Verkürzung derselben erfordert. Indefs, meint Poggendorff, „die Schwere-Correction der Barometerhöhe stehe durchaus in „keiner Abhängigkeit zu irgend welcher Einwirkung auf die „Atmosphäre, sondern betreffe lediglich die Quecksilbersäule, „durch deren Länge der atmosphärische Druck gemessen wer„den solle. Die Länge einer Quecksilbersäule an verschiede„nen Orten ist nur dann dem von dieser Säule ausgeübten „Drucke proportional oder ein Mafs derselben, wenn das „Quecksilber (constante Temperatur desselben vorausgesetzt) „immer in gleicher Weise von der Schwerkraft afficirt wird. „Die Correction hat also nur den Zweck, die Längen der bei „ungleicher Schwerkraft beobachteten Quecksilbersäulen auf „diejenigen zurückzuführen, welche statt finden würden, wenn „die Schwerkraft überall dieselbe gewesen wäre.“ Die hiernach erforderliche Correction berechnet er demnächst für 338 und 334 par. Lin. (da die zwischenliegenden Gröfsen leicht durch Interpolation gefunden werden) und für einzelne Breitengrade nach der bekannten Formel:

$$B' = B\ (1 - 0{,}0025935\ \mathrm{Cos.}\ 2\varphi),$$

worin B' den corrigirten, B aber den normalen Barometerstand unter 45° der Breite und φ die jedesmalige Breite des Beobachtungsortes bezeichnet. Da in dieser Formel die Breite von 45° als normal gilt, so ist die Correction von 0° bis dahin abnehmend subtractiv und wird dann auf gleiche Weise wachsend bis 90° additiv. Die gefundenen Correctionen werden dann auf die durch Schouw tabellarisch nach den Breitengraden zusammengestellten gemessenen Barometerstände angewandt, wodurch alle einander gleich werden müfsten, wenn die ungleiche Schwere allein die Barometerhöhen bedingte, allein es bleiben auch dann noch sehr bedeutende Abweichungen zurück.

Je mehr man über das vorliegende Problem nachdenkt, desto lebhafter wird man von den Schwierigkeiten desselben

überzeugt werden, und ich wünsche daher, dafs die nachfolgenden Betrachtungen, die dadurch nothwendig werden, dafs ich die Sache hier einmal nicht ganz übergehn kann, nur als ein Versuch gelten mögen, etwas Bestimmtes darüber festzustellen. Betrachten wir zuerst, wie bisher geschah, die Atmosphäre an sich und ohne ihre regelmäfsigen und wechselnden Schwankungen, und berücksichtigen wir zugleich, dafs die Höhe der Quecksilbersäule unter verschiedenen Breiten nicht an sich, sondern nur als durch den Druck der auf ihr ruhenden Luftsäule gegeben betrachtet werden kann, so darf vor allen Dingen nicht übersehn werden, dafs nach statischen Gesetzen ein Gleichgewicht im ganzen Luftmeere statt finden mufs. Es scheint mir hiernach nicht genügend und auf jeden Fall nicht deutlich einleuchtend zu seyn, mit Hansteen zu sagen, es finde zwischen der Länge der Quecksilbersäule und des Pendels das nämliche Verhältnifs statt und müsse daher die erstere unter dem Aequator auf gleiche Weise länger, als das letztere kürzer seyn, oder mit Poggendorff die Höhe des Barometers für sich als eine solche zu betrachten, die einer überall gleich schweren Luftsäule das Gleichgewicht halten müsse; denn dafs auch die Schwere der Luft unter dem Aequator, auf gleiche Weise, als die des Quecksilbers, geringer sey, unterliegt keinem Zweifel. Berücksichtigt man die hierbei obwaltenden Bedingungen einseitig, so ist kaum zu vermeiden, dafs man in Irrthümer verfalle. Folgendes scheint mir hierbei im Einzelnen festzustellen, wenn man zu einem richtigen Endresultate gelangen will. Zuerst verliert die Luft an Schwere unter dem Aequator auf gleiche Weise, als das Quecksilber, und für den Zustand des Gleichgewichts beider Flüssigkeiten müfste daher die Barometerhöhe unter allen Breiten gleich seyn, insofern die Barometerhöhe als eine Folge des Drucks der Luftsäule betrachtet wird und die Verminderung der Schwere sich daher bei beiden gleichmäfsig compensirt. Zweitens ist aber die Luft unter dem Aequator durch Wärme mehr ausgedehnt, sie enthält ungleich mehr Wasserdampf, ist sonach leichter und hieraus würde also eine geringere Höhe der sie balancirenden Quecksilbersäule folgen. Drittens aber wird die Luftsäule durch die Schwungkraft weit stärker afficirt, als die Quecksilbersäule, weil sie ungleich länger und die Geschwindigkeit ihrer Bewegung bei der Rotation der Erde

daher gröſser ist. Den Werth dieser letztern Gröſse zu bestimmen dürfte eine für die Analyse unmögliche Aufgabe seyn, wenn man berücksichtigt, daſs die Grenze der Atmosphäre schwerlich genau bestimmbar, die Abnahme ihrer Dichtigkeit aber wegen der nicht völlig ausgemachten Temperaturverminderung nicht hinlänglich bekannt ist, abgesehn von dem gleichfalls nicht auszumittelnden Einflusse des Dampfgehaltes. Eine oberflächliche Berechnung ergiebt jedoch schon, daſs die Schwungkraft der Lufttheilchen in der Entfernung einer Meile von der Erdoberfläche sich zu der des Quecksilbers wie 1,0023 zu 1 verhält, wenn man die Schwungkräfte beider Substanzen dem Quadrate der Geschwindigkeit proportional setzt und den Halbmesser der Erde zur 860 Meilen annimmt. Auch aus diesem Grunde müſste daher die Quecksilbersäule unter dem Aequator kürzer seyn, weil sie durch eine leichtere Luftsäule gedrückt wird, und die Würdigung beider zusammenwirkenden Ursachen bestimmten mich daher früher zu dieser Annahme, die aus den gegebenen Bedingungen auch allerdings folgen würde, wenn nicht zugleich das statische Gleichgewicht der gesammten Luftmasse zu berücksichtigen wäre. Allerdings sind die einzeln genommenen Luftsäulen unter dem Aequator leichter, als die unter höhern Breiten, allein hiernach müſsten sie durch den Gegendruck der letztern gehoben werden und sie würden daher oben abflieſsen, wenn nicht die angrenzenden, stets nur um einen geringen Theil kürzeren Luftschichten dieses hinderten. Denken wir uns aber eine unter dem Pole vertical aufgerichtete, eine Quecksilbersäule von gewisser Höhe enthaltende Röhre durch eine über den ganzen Quadranten der Erde fortlaufende mit einer zweiten verticalen unter dem Aequator verbunden, so muſs die Quecksilbersäule in der letztern so viel höher seyn, als die Verminderung der Schwere beträgt, wenn beide einander das Gleichgewicht halten sollen, gleiche Temperatur beider vorausgesetzt. Dieses leidet aber eine unmittelbare Anwendung auf die die Erde umgebende Atmosphäre. Ist also in dieser wirklich das angenommene Gleichgewicht vorhanden, so muſs eine einzelne Luftsäule unter dem Aequator, ungeachtet ihres durch alle drei angegebenen Ursachen verminderten Gewichtes, einen gleichen Druck ausüben; sie muſs daher um so viel länger werden, als die Summe der einzelnen

Gröſsen erfordert, und die mit ihr im Gleichgewichte stehende Quecksilbersäule wird daher gleichfalls um einen proportionalen Theil, das heiſst um so viel, als die Verminderung ihrer Schwere beträgt, länger seyn müssen.

Hierbei wird jedoch der Zustand der Ruhe und des Gleichgewichts der Atmosphäre vorausgesetzt und es könnte hiernach die *Excentricität* der Atmosphäre gefunden werden, wenn nicht die zu ihrer Berechnung nach diesen Principien erforderlichen Bestimmungen allzu ungewiſs wären. Ob jedoch dieser Zustand des Gleichgewichts wirklich vorhanden ist, die Luft nicht vielmehr in den obern Regionen stets abflieſst, wie groſs die Geschwindigkeit ist, womit dieses geschieht und die untern Schichten diesemgemäſs sich heben, also leichter werden und weniger auf das Barometer drücken, ob demnach diese den Luftdruck unter dem Aequator und die demselben zugehörige Barometerhöhe vermindernden Ursachen der für die Compensation der verminderten Schwere erforderlichen Gröſse gleichkommen oder sie wohl gar übertreffen, ob also die Höhe der Quecksilbersäule unter dem Aequator wirklich gröſser sey, als unter dem Pole, diese Frage kann aus den bis jetzt hierüber bekannten Thatsachen unmöglich theoretisch genügend beantwortet werden, da wir, die Ungewiſsheit über Temperatur und Dampfgehalt nicht gerechnet, über die Stärke des aufsteigenden und oben abflieſsenden Luftstromes unter dem Aequator keineswegs hinlängliche Kenntniſs haben.

44) Zur Auffindung der Gesetze, die die Gröſse des mittleren Barometerstandes unter verschiedenen Breiten und überhaupt an den verschiedenen Orten bestimmen, genügt es also keineswegs, die Atmosphäre als im Zustande der Ruhe befindlich anzunehmen, vielmehr müssen wir auch die übrigen Bedingungen aufsuchen, die auf jene Gröſse von unverkennbarem Einflusse sind, deren allgemeinste mir folgende zu seyn scheinen.

a) Unter der Linie und überhaupt in der äquatorischen Zone findet in Folge der Erwärmung und des stets neu erzeugten Wasserdampfes eine beständige aufwärts gehende Strömung statt, wodurch der Luftdruck vermindert und die Quecksilbersäule im Barometer verkürzt werden muſs.

b) Ebendiese unter den Tropen statt findenden Bedingungen erzeugen einen Andrang der Luftmassen aus höhern Breiten, welcher, auch durch anderweitig bekannte Ursachen veranlafst, im Ganzen die Passatwinde erzeugt. In der Region derselben mufs nothwendig eine Anhäufung der Luftmassen statt finden, die sich auch durch einen ungewöhnlich hohen Barometerstand daselbst kund giebt, weswegen der Barometerstand von der Polargrenze der Passatwinde an mit zunehmenden Breiten wieder abnimmt[1].

c) Je mehr der Barometerstand in Folge der im Luftmeere statt findenden, nicht sowohl starken, als vielmehr zahlreichen Schwankungen wechselt, um so geringer scheint die mittlere Höhe der Quecksilbersäule im Barometer zu seyn. Der Beweis hierfür scheint mir aus folgender Betrachtung hervorzugehn. Nach den Gesetzen der Wahrscheinlichkeit müfste das Barometer an jedem gegebenen Orte um eine gleiche Gröfse über seinen mittlern Werth steigen, als es unter denselben herabsinkt; allein die Erfahrung zeigt, dafs die letztere Gröfse die erstere bei weitem übersteigt, und hieraus mufs nothwendig eine Depression des mittleren Standes hervorgehn. Zum Beweise des obigen Satzes führe ich nur an, dafs in dem Jahre der Beobachtungen zu Apenrade der niedrigste Barometerstand 17,34 par. Lin. unter dem mittleren, der höchste aber nur 10,27 Lin. über demselben betrug, und ein ähnliches Verhältnifs wird man ziemlich nahe überall unter mittleren Breiten finden. Auch zu Felix-Harbour, um aus dem hohen Norden eine Beobachtung zu nehmen, war der mittlere Stand 28 Z. 1,20965 Lin., das Minimum 27 Z. 1,625 Lin., das Maximum 28 Z. 10,399 Lin., mithin die Abweichung vom Mittel bei jenem 11,58465, bei diesem 9,18935 Linien.

d) An Orten, wo durch eigenthümliche Ursachen die Witterung häufig wechselt, namentlich an Seeküsten, an denen die feuchte Seeluft mit der des Landes in steter Berührung ist und wo beide unablässig mit einander gemengt werden, insbesondere unter höheren Breiten, wo die mittlere Temperatur des Meeres höher ist, als die des Landes, werden allezeit mehrjährige Beobachtungen erfordert, um den mittleren Barometerstand aufzufinden, und meistens ist derselbe

1 v. Humboldt in Poggendorff's Ann. XXXVII. 250.

niedriger, als er der Theorie nach und in Vergleichung mit andern unter gleichen Breitengraden seyn sollte. Einen auffallenden Beweis hierfür liefert eben der mittlere Barometerstand zu Christiania unter 59° 55′ N. B., welcher nur 335,913 par. Lin. beträgt. Hansteen[1] vergleicht denselben mit dem mittleren zu Paris = 337,53 und leitet diesen Unterschied von der höhern Breite her, was jedoch als unstatthaft erscheint, wenn wir eine Vergleichung mit dem zu Felix-Harbour unter 70° nördl. B. aus 30 Monate anhaltenden Beobachtungen = 337,2096 par. Lin. gefundenen anstellen. Die oben angegebenen geringen Barometerhöhen auf Island und Grönland sind gleichfalls aus dieser Ursache abzuleiten, wie denn auch L. v. Buch[2] schon 1807 den ungewöhnlichen niedrigen Barometerstand an Küsten, namentlich in Norwegen, als eine Folge der in jenen Gegenden herrschenden südlichen und südwestlichen Luftströmungen ansah. Eine ähnliche Anomalie findet sich nach Erman[3] zu Ochozk und Peter-Paulshafen auf Kamtschatka, wo der mittlere, auf den Meeresspiegel und 0° C. reducirte Barometerstand nach sechsmonatlichen Beobachtungen nicht mehr als 333,56 par. Lin. beträgt. Auf der andern Seite zeigen sich an einigen Küsten ungewöhnlich hohe Barometerstände, namentlich zu La Rochelle, Nantes und St. Malo[4], wozu noch der auf Teneriffa nach L. von Buch[5] zu 338,44 par. Lin. gefundene kommt, wovon dieser Gelehrte die Ursache in einer Anhäufung der Luft durch entgegengesetzte Luftströmungen findet. Vielleicht lassen sich die angegebenen Bedingungen zu einem allgemeinen Gesetze erheben, welches dann heifsen würde: wenn die Luft über einem Küstenlande im Mittel kälter ist, als die des umgebenden Meeres, so dafs die Oberfläche des Landes eine Erhöhung ihrer Wärme durch die des Meeres erhält, so strömt die kältere Luft des Landes dem Meere zu, sie wird weniger zusammengedrückt und erzeugt einen niedrigern Barometerstand; im umgekehrten Falle findet das Gegentheil statt. Es ist jedoch un-

1 A. a. O. S. 289.
2 G. XXV. 331.
3 Poggendorff Ann. XVII. 339.
4 S. Art. *Barometer*. Bd. I. S. 916.
5 Canar. Inseln. S. 71.

sicher, für so vielseitig bedingte Phänomene allgemeine Gesetze aufzustellen.

Zur genauen Bestimmung des mittleren Barometerstandes sind so viel längere Zeit anhaltende Beobachtungen erforderlich, je mehr die einzelnen Barometerhöhen von der mittleren abweichen. Dieses ersieht man deutlich aus einer Vergleichung der mittleren Barometerstände an den nämlichen Orten in verschiedenen Jahren. Als Beispiel diene unter andern Freiburg in der Schweiz, wo das auf 0° reducirte Mittel aus den um 21 und um 3 Uhr angestellten Beobachtungen im Jahre 1828 = 705,95, im Jahre 1829 = 705,24, im Jahre 1830 = 706,692, 1831 = 706,12, 1832 = 707,745 und 1833 = 706,66 Millimeter gefunden wurde[1]. Schouw[2] hat ferner durch eine tabellarische Zusammenstellung gezeigt, daſs der Unterschied der jährlichen und monatlichen Mittel mit den Graden der Breite bedeutend zunimmt. Es waren nämlich

Orte	Breite	Unterschied der unter sich abweichenden jährlichen Mittel		monatlichen Mittel	
Felix-Harbour[3]	60°59′	2 Jahre	0‴,29	2 J. 8 Mon.	7‴,05
Näs (Island) .	64	8 —	1,80	12 Jahre	15,92
Kopenhagen .	56	12 —	1,82	11 —	11,39
Altona . . .	53,5	6 —	1,18	— —	— —
Paris . . .	49	11 —	1,56	11 —	7,53
Bologna . .	44,5	4 —	0,82	5 —	6,15
Neapel . . .	41	7 —	0,94	7 —	6,06
St. Thomas .	19	—	—	1 —	1,75
Christianborg .	5,5	—	—	22 Mon.	1,92

Hieraus scheint hervorzugehn, was sich auch in andern Beziehungen zeigt, daſs das Barometer innerhalb des nördlichen Polarkreises sich derjenigen Regelmäſsigkeit wieder nähert, die ihm in der äquatorischen Zone eigen ist.

45) Vor allen Dingen ist erforderlich, die mittleren Barometerstände von solchen Orten zu haben, deren Höhen über

1 Biblioth. univ. 1834. p. 88.
2 Poggendorff Ann. XXVI. 399.
3 Ross Narrative cet. Appendix.

der Meeresfläche genau bekannt sind. In Frankreich gilt der zu Paris gefundene als ein normaler, in Deutschland aber fehlte ein solcher bisher noch, so allgemein auch Liebhaberei für barometrische Höhenbestimmungen existirt und so leicht es demnach seyn würde, ein Netz für die Coordinaten der Höhen über den gröfsten Theil von ganz Deutschland zu erhalten. Es war daher ein höchst lobenswerthes Unternehmen der Berliner Akademie, dafs sie im Jahre 1823 einige Monate gleichzeitige Beobachtungen an den Küsten der Nord- und Ostsee, zu Berlin und an einer grofsen Menge von Orten in ganz Deutschland veranlafste, um die erforderlichen Fundamentalbestimmungen mit einem Male zu erhalten. Allein allen Physikern und Liebhabern, welche damals mit grofsem Interesse hieran Theil nahmen, war der so eben (unter c) aufgestellte Satz noch nicht bekannt, welcher selbst jetzt noch von manchen übersehn oder wohl gar bestritten wird, dafs unmittelbar an der Meeresküste angestellte Beobachtungen kein sicheres Resultat geben, auf jeden Fall nicht in so kurzer Zeit; es fehlte daher an der erforderlichen Basis, indem eben aus diesem Versuche die Unmöglichkeit, eine solche auf dem gewählten Wege zu erhalten, überzeugend hervorging, weswegen auch kein Resultat dieser Bemühungen, an denen ich selbst mit Vergnügen und im besten Vertrauen auf dessen Gelingen Theil nahm, bekannt werden konnte. Erst später wurde mir diese Sache klar und nach Berathung eben mit den Berliner Gelehrten, Poggendorff, Oesfeld und Carl Ritter, wurde Mannheim als derjenige Ort gewählt, wo der mittlere Barometerstand für Deutschland aufgefunden werden sollte, weil daselbst in nicht bedeutender Höhe und in hinlänglicher Entfernung vom Meere weder hohe Berge, noch dichte Waldungen, noch sonstige Ursachen örtliche Störungen hervorbringen können. Es wurde daher daselbst ein Normalbarometer mit einer 5 Lin. weiten Röhre aufgehangen, welches zwar einen constanten Fehler der Scale hatte, der jedoch durch hinlänglich viele Vergleichungen mit einem vorher nach einem Fortin'schen geprüften Barometer von Loos und mit einem Horner'schen von Oeri corrigirt worden ist, und v. Heiligenstein (der Vater), dessen Sorgfalt, Gewissenhaftigkeit und Uebung hinlängliche Bürgschaft gewähren, übernahm das mühsame Geschäft, täglich dreimal, um 21^h, 3^h und 9^h, Beobach-

tungen aufzuschreiben. Das isolirte und nicht bewohnte Zimmer war gegen schnelle örtliche Erwärmungen geschützt, und so konnte ein auf dem Thermometerbrete angebrachtes Thermometer von Colardo die Temperatur des Quecksilbers mit genügender Sicherheit angeben. Das auf 0° C. reducirte, für den constanten Fehler corrigirte Mittel aus den Jahren 1833 und 1834 ist gefunden worden:

1833	für 21^h	= 333,8194,	für 3^h	= 333,6843
1834	— —	= 335,3054	— —	= 335,1703
Mittel		= 334,5624		= 334,4273,

der auf 0° reducirte und corrigirte mittlere Barometerstand in den zwei Jahren ist also = 334,4273 par. Lin. Auf den ersten Blick mufs jedoch der grofse Unterschied beider Mittelwerthe auffallen und auf den Gedanken führen, dafs der mittlere Barometerstand aus diesen beiden Jahren von einem aus einer längern Reihe von Jahren entnommenen Mittel beträchtlich abweichen könnte. Um diesen Fehler zu corrigiren, hat der bekannte Meteorolog Dr. Eisenlohr aus den von mir geführten Registern, die für die beiden Jahre 1833 und 1834 ohne alle Unterbrechung sind und seit 1823 nur einige unbedeutende Lücken haben, die mittleren Barometerstände für 21^h und 3^h gesucht und hieraus für die beiden Jahre einen Unterschied = 0,377 Lin. gefunden. Unter der kaum zu bezweifelnden Voraussetzung, dafs dieser nämliche Unterschied auch für Mannheim gilt, wäre demnach

Mittel aus 1833 und 1834	= 334,4273
Unterschied aus mehrern Jahren	= 0,3770
Corrigirter mittlerer Bar.-Stand	= 334,0503 par. Lin.

3) Zunächst war dann erforderlich, die Höhe des Beobachtungsortes in Mannheim über dem Spiegel des Meeres zu bestimmen. Am nächsten liegend wäre es, das Gefälle des Rheins bis zu seiner Mündung in die Nordsee auszumitteln, schon früher aber kannte man durch die Bemühungen der französischen Ingenieurs die Höhe desselben über dem mittelländischen Meere. Nach diesen[1] liegt die Schwelle der Mannheimer Sternwarte 302,3 Fufs über dem mittelländischen Meere, und diese nach Tulla's Rheinmessung 25,2 Fufs

1 v. Zach Corr. astron. T. I. p. 150.

über dem mittleren Stande des Rheins am Pegel, wonach die Höhe des Rheinspiegels 287,1 Fuſs über dem Meere betrüge. Dieselbe Höhe fand Epailly = 284 F., Tulla dagegen 280,3 F., die neueste Messung des Hauptmann Klose[1] giebt für die Schwelle der Sternwarte 307,44 Fuſs und für die mittlere Höhe des Rheinspiegels am Pegel 283,5 Fuſs. Die Schwelle der Sternwarte läge somit nur 23,94 Fuſs über dem Rheinspiegel. Alle diese Bestimmungen weichen nur unbedeutend von einander ab, wir können aber am sichersten die letztere annehmen, die auf geodätischen Messungen beruht, oder in runder Zahl 284 Fuſs. Bei allen Angaben liegt die Höhe von Straſsburg über dem mittelländischen Meere zum Grunde, welche für die Schwelle des Münsters nach trigonometrischen Messungen und Nivellirungen 448 Fuſs 10 Zoll beträgt. Eine Nivellirung des Ortes, wo das erwähnte Normal-Barometer beobachtet war, hatte Eisenlohr, Prof. in Mannheim, die Güte zu übernehmen und fand hiernach den Aufhängepunct des Barometers 10,905 Meter oder 33 F. 6 Z. 10,142 Lin. par. Maſs über dem Nullpuncte des Pegels. Diese Gröſse zu der erhaltenen addirt liegt also der Beobachtungspunct zu Mannheim 317,5 par. Fuſs über dem Spiegel des mittelländischen Meeres.

47) Es würde sehr interessant seyn, wenn es möglich wäre, diese Höhenbestimmung über dem mittelländischen Meere mit einer andern über der Nordsee zu vergleichen, woraus noch obendrein eine Entscheidung der viel ventilirten Frage über die Vertiefung des mittelländischen Meeres hervorgehn könnte; es ist aber bis jetzt noch nicht möglich, hierüber zur Gewiſsheit zu gelangen, indem das Nivellement des Rheins nur von Amsterdam bis Bingen reicht[2]. Durch Krayenhoff's Nivellement[3] ist die Höhe des Nullpuncts am Pegel zu Emmerich am Rheine und zu Grave an der Maas

1 Diese Mittheilungen verdanke ich den HH. v. Heiligenstein und Amtmann Hoffmann zu Boxberg, welche beide sie vom Hauptmann Klose erhalten haben.

2 Die nachfolgenden Angaben verdanke ich der gütigen Mittheilung des Prof. G. Bischof in Bonn und des Dr. Mohr in Coblenz, welche sie für wissenschaftliche Zwecke von Kön. Preuss. Beamten zu Cöln und Coblenz erhielten.

3 Recueil d'observations hydrographiques et topographiques faites en Hollande. Amst. 1813.

über der Nordsee bekannt. Hieraus ergiebt sich die Höhe des Nullpunctes am Rheinpegel zu Düsseldorf über dem Nullpuncte des Hauptpegels zu Amsterdam = 82 F. 8 Z. 2 Lin. rheinl. Mafs. Aus einem Nivellement von Düsseldorf bis zur Niers und an dieser hin bis zu deren Mündung in die Maas bei Gennepenhuis, sodann bis Grave interpolirt, findet sich diese nämliche Höhe = 85 F. 10 Z. 4 Lin. Ferner ergiebt das Nivellement des Nordcanals, und wenn die Strecke der Maas von Venlo bis Grave interpolirt wird, diese Gröfse = 85 F. 7 Z. 3 Lin. Diese drei Bestimmungen von gleichem Werthe angenommen und vom Nullpuncte des Hauptpegels zu Amsterdam bis zum mittleren Spiegel der Nordsee noch 3 Zoll 6,5 Lin. hinzuaddirt giebt die Höhe des Nullpunctes am Rheinpegel zu Düsseldorf = 85 F. — Z. 1,5 Lin. rheinl. Mafs = 82,03 par. Fufs. Hierzu kommen bis Cöln 32,4, bis Bonn 24,6, bis Coblenz 44 par. Fufs, und der Nullpunct des Rheinpegels bei Coblenz liegt sonach 183,03 par. Fufs über dem Spiegel der Nordsee bei Amsterdam. Das Gefälle des Rheins von Coblenz bis Bingen beim Einflufs der Nahe ist durch den preuss. Ingenieur VAN DER BERGH bei Gelegenheit des Sprengens der Felsen im Flusse sehr genau gemessen worden; es ändert sich mit dem verschiedenen allgemeinen Wasserstande und beträgt beim mittlern Stande des Wassers 55,72 rheinl. Fufs. Dann steht aber der Spiegel des Rheins am Pegel zu Coblenz nicht auf 0, sondern auf 7,83 Fufs, und diese Gröfse müfste daher hinzuaddirt werden, um das ganze Gefälle von Bingen bis zur Nordsee zu erhalten; allein da bei den übrigen Pegeln der Nullpunct angenommen worden ist, so scheint es, auch rücksichtlich des hervorgehenden Resultates, angemessener, diese Bestimmung für Coblenz beizubehalten und für das Gefälle bis Bingen 54 rhein. Fufs = 52,17 par. F. anzunehmen. Hiernach beträgt

das Rheingefälle von der Nordsee bis Coblenz	183,03	par. Fufs
von Coblenz bis Bingen	52,17	- -
von der Nordsee bis Bingen	235,2	par. Fufs
Höhe bei Mannheim über dem mittelländischen Meere	284,0	- -
Gefälle von Mannheim bis Bingen . .	49,8	par. Fufs.

Diese letztere Strecke ist nicht nivellirt; wenn man aber das

Gefälle des Rheins auf derselben dem zwischen Bingen und Düsseldorf gleich setzt, so giebt eine genaue Landcharte folgende Gröfsen für die einzelnen verglichenen Strecken:

Von Düsseldorf bis Cöln giebt	51,6	par. Fufs
Von Cöln bis Bonn	53,8	— —
Von Bonn bis Coblenz	55,0	— —
Von Coblenz bis Bingen . . .	55,3	— —
Mittel . . .	53,9	par. Fufs.

Hiernach läge also der Spiegel des mittelländischen Meeres 53,9 — 49,8 = 4,1 Fufs höher als der Spiegel der Nordsee. Man wird nicht geneigt seyn, diesem Resultate beizupflichten, welches mit den bisherigen Ansichten im Widerspruche steht; allein da hierbei genaue directe Messungen zum Grunde liegen, eine Vergleichung des Gefälles von Mannheim bis Bingen mit dem zwischen Mannheim und Strafsburg aber sogar 70 par. Fufs giebt, so kann man nicht füglich das erstere geringer als 49,8 par. Fufs annehmen, und es folgt somit, dafs der Spiegel der Nordsee nicht höher, als der des mittelländischen Meeres liegt, und da letzterer etwa 3 Fufs tiefer liegt, als der in der Bai von Biscaja, so müfste die Nordsee auch tiefer liegen, als der letztere Meerbusen, welches Resultat mit dem hohen Meeresspiegel bei Suez verglichen beweisen würde, dafs das Meer in Folge seiner Strömungen überhaupt nicht überall ein gleiches Niveau habe[1].

48) Ehe wir nach dieser bekannten Höhe von Mannheim den mittleren Barometerstand daselbst auf die Meeresfläche reduciren, wird es angemessen seyn, ihn mit demjenigen zu vergleichen, welcher durch langjährige, gleichmäfsig sorgfältige Beobachtungen von Herrenschneider zu Strafsburg aufgefunden und durch die mühsamen Rechnungen Eisenlohr's[2] mit seltener Genauigkeit bestimmt worden ist. Das gebrauchte Barometer hing 16 Zoll über dem Steinboden des Münsters, dessen Höhe ich für gleich mit der der Schwelle annehme. Letztere liegt nach geodätischen Messungen 448 F. 10 Z. über dem Spiegel des mittelländischen Meeres, und die Seehöhe des Barometers beträgt also 450,2 Fufs, die des

1 Vergl. Art. *Meer.* §. 87.
2 Poggendorff Ann. XXXV. 141.

Mannheimer ist oben 317,5 angegeben worden, der Höhenunterschied beträgt also 132,7 par. Fuſs. Die mittlere Höhe des auf 10° R. reducirten Straſsburger Barometers findet Dr. Eisenlohr aus 32 Jahren = 333,13472 par. Lin., aus den letzten 27 Jahren von 1806 bis 1832 = 332,99072 Lin. und aus den Jahren 1808 bis 1825 = 333,0834; das Mittel aus den beiden ersten Bestimmungen giebt 333,062495 und ich wähle daher den mittlern Barometerstand für Straſsburg = 333,0834 par. Lin. Herrenschneider berechnet aus dem mittleren Barometerstande = 333,027 par. Lin. die Meereshöhe von Straſsburg = 447,9 Fuſs, was dem Resultate der geodätischen Messung zwar so nahe kommt, als sich nur erwarten läſst, allein dabei ist der mittlere Barometerstand im Niveau des Meeres als Basis angenommen worden, welcher aber erst ausgemittelt werden soll. Wird also die Gröſse von 333,0834 par. Lin. auf 0° C. reducirt, mit Rücksicht darauf, daſs die Barometerröhre sich auf einem hölzernen Brete anliegend befindet, so ist die reducirte mittlere Barometerhöhe zu Straſsburg = 332,3334 pariser Linien. Dr. Eisenlohr findet ferner die corrigirte mittlere Temperatur von Straſsburg = 8°,16 Reaum. Da jedoch der uncorrigirte mittlere Werth = 7,86003 mit dem von 1815 bis 1832 in einem Brunnen gefundenen = 7,86997 so genau übereinstimmt, so behalte ich diesen um so mehr bei, als die von den nahen Alpen herabkommenden kalten Luftströmungen die Temperatur von Straſsburg bedeutend herabdrücken können. Diesemnach ist die mittlere Temperatur von Straſsburg = 7°,87 R., die mittlere Temperatur von Mannheim können wir nach vieljährigen Beobachtungen füglich zu 8°,13 R. annehmen. Wird dann nach der bekannten Formel

$$x = 56386{,}41 (1 + 0{,}002711 \operatorname{Cos.} 2\varphi) \left(1 + \frac{t + t'}{426{,}6}\right) \operatorname{Log.} \frac{H}{h},$$

worin H und h die reducirten Barometerhöhen, t und t′ die Temperaturen und φ die Breite bezeichnet, der Höhenunterschied beider Orte gesucht, so ergiebt sich dieser = 130,55 Fuſs. Es ist aber dieser Höhenunterschied

nach geodätischer Messung	132,70	par. F.
— barometrischer Messung	130,55	— —
Differenz	2,15	par. F.,

welche auf einem geringen Unterschiede der Temperatur oder des mittleren Barometerstandes beruhn kann.

49) Um bei bekannter Höhe über dem Meeresspiegel die gefundene Barometerhöhe von 334,0503 par. Lin. auf diesen zu reduciren, darf man nur die Formel für das barometrische Höhenmessen umkehren, wonach also

$$\text{Log. H} = \text{Log. h} + x\left(\frac{426,6}{56386,41\ (426,6 + t + t')}\right) \times\left(\frac{1}{(1 + 0,002711\ \text{Cos.}\, 2\,\varphi)}\right)$$

wird, und findet hiernach, x = 317,5 par. Fuſs gesetzt, für die mittlere Temperatur t′ zu Mannheim = 8°,13 und t im Spiegel des Meeres = 8°,63 R.

die mittlere Barometerhöhe für Mannheim, auf 0° C. und den Spiegel des mittelländischen Meeres reducirt, = 338,24 par. Lin.

Den mittleren Barometerstand auf 0° C. und den Meeresspiegel reducirt, jedoch ohne Rücksicht auf die geographische Breite, giebt Schuckburgh = 337,7469, Oriani = 337,4011 und Arago = 337,28176 par. Linien an[1], sämmtliche Bestimmungen kleiner, als die hier gefundene. Aus den nachfolgenden Untersuchungen wird aber hervorgehn, daſs es keinen allgemeinen Normalbarometerstand im Niveau des Meeres giebt, sondern daſs derselbe theils in gewisser Hinsicht regelmäſsig, theils regellos wechselt. Vor allem andern muſs daher untersucht werden, was die Erfahrung darüber angiebt.

Es ist bereits erwähnt worden, daſs Schouw, bewogen durch den unzweifelhaften niedrigen Barometerstand auf Island u. Grönland, der Hypothese einer nach den Polen hin statt findenden Abnahme des mittleren Barometerstandes geneigt wurde. Seine Ueberzeugung wuchs noch mehr, als ein von der meteorologischen Gesellschaft zu Kopenhagen nach Island gesandtes Barometer durch Vergleichung mit dem von Thorstensen gebrauchten die Richtigkeit desselben auſser Zweifel setzte, wonach also der mittlere Barometerstand zu Näs auf Island unter 64° N. B. nicht mehr als 333,95 Lin. bei 0° C. betrug[2]. Dieser Barometerstand, mit dem verglichen, welchen L. von

---

1 Nach v. Humboldt in Hertha Th. IV. S. 14.

2 Froriep Notizen 1825. N. 255.

Buch[1] auf Gran Canaria = 339''',09 und Escolar durch dreijährige Beobachtungen auf Teneriffa = 338''',44 gefunden hatten, bestätigt nicht blofs die obige Ansicht, sondern reizte auch zum weitern Verfolgen der interessanten Aufgabe. Deswegen hat Schouw[2] die Frage über den mittleren Barometerstand nicht blofs nach allgemeiner bekannten Thatsachen ausführlich und gründlich untersucht, sondern dabei auch minder bekannte benutzt und diese noch durch eigene schätzbare vermehrt. Alles dieses ist so wichtig, dafs ich bei der Mittheilung des Inhalts mir nur wenige, das Wesen der Sache nicht ändernde Abkürzungen erlauben darf.

50) Vor allen Dingen sind die Schwierigkeiten zu berücksichtigen, welche bei diesen Untersuchungen hindernd in den Weg treten, namentlich die unbestimmte Genauigkeit der gebrauchten Barometer, die Ungewifsheit der Correction für Temperatur und Capillarität und die Unsicherheit, welche aus zu kurze Zeit dauernden Beobachtungen hervorgehn. Vorzüglich schätzbar sind daher solche Beobachtungen, die entweder mit dem nämlichen Barometer unter verschiedenen Breiten angestellt wurden, um aus dem Verhältnisse der erhaltenen Gröfsen das vorhandene Gesetz zu entnehmen, oder bei denen genau geprüfte Barometer dienten, die alsdann nicht blos die relativen, sondern zugleich auch die absoluten Gröfsen des Luftdruckes an verschiedenen Orten geben. Unter die letzte Classe gehören vor allen diejenigen, welche Schouw von Trentepohl erhielt. Dieser beobachtete auf einer Reise nach China ein Seebarometer meistens täglich (nach bürgerlicher Zeit vom Morgen an gerechnet) um 5, 9, 12, 4 und 10 Uhr, so dafs das Mittel aus diesen Beobachtungen füglich für die eigentliche mittlere Gröfse des Barometerstandes dienen kann. Die auf 0° reducirten Barometerstände waren:

---

1 Abhandl. der Berliner Akademie. 1820 u. 21.

2 Poggendorff Ann. XXVI. 395. Ann. de Chim. et Phys. T. LIII. p. 113.

N. B.		Barometer	N. B.		Barometer
32°	0′	341‴,29	8°	16′	336‴,15
31	5	340,65	7	14	336,04
29	7	339,85	6	59	336,15
27	19	339,67	6	31	336,04
25	36	338,87	6	12	336,24
23	41	338,91	5	40	336,13
21	51	338,49	5	28	336,11
19	40	338,49	4	38	336,03
17	15	337,96	4	9	336,20
15	16	337,47	4	36	334,10
13	46	337,45	4	57	335,60
12	18	337,14	4	53	335,40
10	45	336,46	4	51	335,50
9	38	336,04	4	46	336,05

51) Die Beobachtungen des Cap. Spencer[1] von Rio Janeiro bis Spithead, wovon Schouw die Mittel für die Passatwinde zusammenstellt, gebe ich hier nach der Reihe und zwar die Mittagsbeobachtungen auf 0° reducirt.

Breite		Länge w. v. G.		Barometer	Breite		Länge w. v. G.		Barometer
24°	25′ S.	25°	24′	336‴,478	4°	19′ N.	28°	8′	335‴,367
24	17 —	23	13	337,040	5	18 —	22	14	334,892
23	25 —	21	38	337,521	6	56 —	23	51	335,087
22	31 —	21	46	337,716	9	13 —	24	58	335,905
20	57 —	22	24	337,378	11	41 —	26	55	336,417
18	52 —	22	49	337,543	14	18 —	29	1	336,703
15	37 —	22	48	337,491	17	11 —	30	12	337,490
11	54 —	22	33	337,153	20	8 —	31	3	338,196
8	6 —	22	6	336,447	22	25 —	32	15	338,789
4	55 —	22	0	335,818	24	30 —	34	18	339,751
2	14 —	22	3	335,930	26	1 —	35	43	340,283
0	8 N.	21	53	336,040	26	36 —	36	41	340,285
2	14 —	22	0	335,312	27	50 —	38	26	340,486

52) Trentepohl zeichnete auf seiner Reise nach China täglich mindestens dreimal den Barometerstand auf und hieraus berechnet Schouw den auf 0° C. reducirten mittleren Barometerstand im atlantischen, im indischen und im Südmeere von 10 zu 10 Graden, auf der nördlichen und südlichen

1 Daniell Meteorol. Essays. T. I. p. 348.

Hemisphäre, dem Uebergange von der einen zur andern folgend.

Atlantisches Meer		Indisches und Südmeer	
Breite	Barometer	Breite	Barometer
30° bis 20° N.	341''',55	30° bis 20° S.	338''',84
20 — 10 —	338,70	20 — 10 —	337,97
10 — 0 —	338,56	10 — 0 —	336,33
0 — 10 S.	338,50	0 — 10 N.	336,23
10 — 20 —	340,28	10 — 20 —	336,51
20 — 30 —	340,89	20 — 22 —	340,17
30 — 20 —	340,26	20 — 10 —	338,73
20 — 10 —	339,70	10 — 0 —	337,09
10 — 0 —	338,17	0 — 10 S.	336,52
0 — 10 N.	337,31	10 — 20 —	337,22
10 — 20 —	337,44	20 — 30 —	338,13
20 — 30 —	339,42		

53) Erman[1] hat seine Beobachtungen unter verschiedenen Breiten nach bestimmten Meridianen geordnet; ich stelle sie hier lieber nach der Breite folgend zusammen. Aus der Zone der Passatwinde sind folgende Messungen mitgetheilt:

Breite N.	Länge W.	Barometer	Breite S.	Länge W.	Barometer
0°,5	170°5	336''',339	0°0	229°,0	337''',174
3,5	235,2	337,231	1,9	325,2	337,662
4,5	339,5	337,981	1,9	329,5	338,690
5,0	170,0	336,283	3,5	220,0	338,594
6,0	339,3	337,863	4,5	172,5	336,449
9,0	338,0	337,775	6,4	329,1	338,570
9,5	167,2	336,119	6,5	331,0	337,505
9,7	236,3	338,568	8,0	216,8	337,902
12,2	331,7	338,427	11,4	327,9	338,864
14,0	164,0	337,199	13,1	215,0	336,628
14,5	337,0	338,736	13,3	329,4	338,094
17,8	327,7	338,722	13,8	176,2	337,069
19,5	161,5	337,853	14,5	326,6	339,434
19,5	238,0	339,094	16,5	176,5	337,729
19,9	338,4	339,340	18,5	177,1	337,887
22,5	324,0	339,304	19,8	327,1	339,139
23,25	238,6	339,119	21,5	177,5	338,922
24,8	341,1	339,158	22,0	326,9	339,195
25,1	159,2	338,342	23,0	209,8	337,961
27,6	342,3	339,140	24,1	178,2	339,304
27,8	321,4	340,020	24,4	316,4	339,906
30,4	319,5	340,681	26,8	209,9	339,225

1 Poggendorff Ann. XXIII. 144.

Aufserhalb der Grenze der Passatwinde auf der nördlichen Halbkugel beobachtete Erman:

Breite N.	Länge W.	Barometer	Breite N.	Länge W.	Barometer
26°,0	239°,2	338''',199	40°,6	345°,5	340''',095
29,2	238,8	336,912	40,8	157,8	336,305
29,5	345,0	338,404	41,0	233,0	336,681
31,5	156,9	335,778	43,4	157,8	338,640
31,9	319,6	339,981	44,0	330,0	338,510
33,8	157,4	334,972	45,6	350,0	340,444
34,2	234,6	336,802	46,5	227,0	335,196
34,2	344,4	337,242	47,5	342,0	339,126
34,7	318,4	340,491	48,0	158,1	337,562
37,5	236,7	336,735	51,3	221,4	336,107
38,5	341,5	336,860	52,5	158,9	335,172
38,9	158,4	335,042	54,7	221,3	337,060
39,0	323,9	339,469	57,5	224,8	335,293

Wir haben hier zwar keine aus längere Zeit fortgesetzten Beobachtungen erhaltene mittlere Resultate, sondern nur aus denen eines einzelnen Tages entnommene, allein dagegen sind sie wenigstens zuverlässig und als solche von gröfserem Werthe; Horner's Beobachtungen dagegen können in Beziehung auf die Frage über die absolute Barometerhöhe unter verschiedenen Breitengraden nicht als entscheidend gelten, weil er sie selbst für ungenügend hält, und ebendieses gilt auch von den Beobachtungen auf Cook's Reise, denen die Correction wegen der Temperatur abgeht. Schouw führt dagegen noch eine Reihe von Beobachtungen an, welche durch Lund auf einer Reise von Kopenhagen nach Brasilien gemacht wurden [1]. Auf 0° C. reducirt geben diese für 36° bis 20° N. B. 338''',27, für 20° bis 10° N. B. 336''',28, für 10° bis 0° N. B. 334''',65, für 0° bis 10° S. B. 334''',98, für 10° bis 20° S. B. 335°,86. Diese Werthe, namentlich die für niedere Breiten, sind jedoch so klein, dafs sie sich mit andern kaum vereinigen lassen, gleichen aber sehr den durch v. Horner erhaltenen.

54) Zu diesen auf Seereisen nur an einem Tage erhaltenen Gröfsen setzt Schouw diejenigen, welche aus mehrere Tage und selbst längere Zeit fortgesetzten Beobachtungen gefunden wurden, die allerdings von weit gröfserem Werthe

1 Aus Tidsskrift for Naturvidenskaberne. T. V. p. 91.

sind. Nach Anwendung der erforderlichen Correctionen fand Freycinet auf Isle de France unter 20° S. B. 338''',9, auf Timor 10° S. B. 336''',23, zu Rio-Janeiro 23° S. B. 339''',95, Trentepohl zu Fort Christianborg in Guinea 5° 24' N. B. mit einem genau verglichenen Barometer 336''',95, Hornbeck auf St. Thomas unter 19° N. B. gleichfalls aus einem Jahre im Mittel 337''',13. Die mittlere Barometerhöhe ist ferner nach v. Humboldt zu Cumana unter 10° N. B. 336''',28, nach Boussingault zu Guayra unter 10° N. B. 336''',98, nach Pentland zu Peru unter 12° 30' S. B. 337''',35. Für minder genau hält Schouw folgende Bestimmungen. Ferrer's zweijährige Beobachtungen zu Havana geben für 23° N. B. im Mittel 336,99 ohne Correction für die Höhe. Zu Thortorn in Sierra Leone unter 9° N. B. erhielt Sabine 336''',13 und zu Ascension unter 8° S. B. 338''',13. Für die Zonen von 20° bis 35° der Breite werden folgende Gröfsen angegeben. Heineken's zweijährige Beobachtungen zu Funchal auf Madeira unter 32°,5 N. B. geben reducirt 339''',2, Escolar's[1] dreijährige zu Sta. Crux auf Teneriffa unter 28° N. B. als Mittel der monatlichen Extreme reducirt 338''',44 oder auf das absolute Mittel reducirt 338''',77, welches von Lamanon's im J. 1785 erhaltenen Resultate = 339''',00 nur unbedeutend abweicht. L. v. Buch erhielt zu Las Palmas auf Gran Canaria unter 28° 37' N. B. vom 21. Juli bis 10. Aug. 339''',09, zu Puerto Orotava unter 28° 23' aus zwei Reihen Beobachtungen, jede von 7 Tagen, im Mittel 338''',08, auf Lancerote in 3 Tagen 339''',80; Eschwege zu Rio Janeiro, wenn man die gefundene Gröfse nach Dorta's Bestimmungen corrigirt, 338''',69. Die achtjährigen wichtigen Beobachtungen, welche v. Humboldt von Puhlmann und Wahlstrand erhielt, geben für die Capstadt unter 33° S. B. im Mittel 338''',24. Diese Gröfse stimmt sehr genau mit derjenigen überein, welche Richenet aus einjährigen Beobachtungen zu Macao unter 23° N. B. erhielt, nämlich 338''',23, welches zwar nicht für die Höhe corrigirt wurde, allein da diese sicher nur gering ist, so kann füglich 338''',5 angenommen werden. Einen ungewöhnlich hohen

1 Diese Bestimmungen, so wie die von L. v. Buch und Eschwege, sind Th. I. S. 916. bereits erwähnt worden; ich führe sie des Zusammenhanges wegen, und wenn sie abgeändert sind, hier wieder an.

Barometerstand geben die in DENHAM's und CLAPPERTON's Reise enthaltenen Beobachtungen zu Tripolis aus den Monaten November bis März, nämlich für die mittlere Temperatur von 11°,6 R. corrigirt 341''',28 ohne eine Correction für die Höhe. Nach SCHOUW kann aber COUTELLE's[1] Messung zu Cairo unter 30° N. B., wo er für 0° C. corrigirt im Mittel 336''',41 fand, nicht als Gegenbeweis gegen den hohen Barometerstand unter 30° N. B. angeführt werden, weil die Höhe nicht angegeben worden ist; allein diese Stadt liegt an den Ufern des Nils, welcher aus Rücksichten auf die dortige Ueberschwemmung nicht füglich mehr als 50 Fuſs Fall haben kann, wonach jene Gröſse corrigirt etwa 337 Linien wird, und da die Beobachtungen an Genauigkeit denen zu Tripolis schwerlich nachstehn, so beweisen beide neben einander gestellt den Einfluſs örtlicher Bedingungen.

55) Einen überaus schätzbaren Beitrag zur Beantwortung der vorliegenden Frage hat SCHOUW selbst geliefert, indem er auf seinen Reisen in Italien ein Barometer von NEWMAN mit dem Normalbarometer zu Altona und hiermit wieder die Barometer auf den verschiedenen Observatorien verglich, um die mit letzteren längere Zeit hindurch angestellten Beobachtungen zu corrigiren, wobei er noch auſserdem durch gleichzeitige Beobachtungen am Meeresufer und im Innern des Landes die Höhe der Beobachtungsorte ausmittelte. Gegen dieses auf jeden Fall sehr zweckmäſsige Verfahren läſst sich bloſs der bereits erwähnte Einwurf machen, falls wir diesen als gegründet annehmen, daſs Beobachtungen an den Meeresküsten überhaupt keine zuverlässigen Resultate geben, selbst wenn sie eine längere Zeit hindurch anhaltend fortgesetzt werden, wie von den Küsten der Nord- und Ostsee wohl ohne Widerrede gültig ist. Auf diese Weise fand SCHOUW aus siebenjährigen Beobachtungen von BRIOSCHI auf dem Capo di monte bei Neapel unter 40° 50' N. B. als reducirtes Mittel 337''',94, für Livorno unter 43° 33' N. B. 337''',8, für Florenz unter 43° 46' N. B. nach INGHIRAMI's neunjährigen Beobachtungen 337''',76, für Bologna unter 44° 29' N. B. aus fünfjährigen Beobachtungen von CATUREGLI und MORATI 337''',87, für Padua unter 45° 23' N. B. aus funfzehnjährigen Beobachtungen im Giornale

1 Description de l'Égypte. T. XIX.

astrometeorologico 337'',87. Ebendiese Beobachtungen aber, auf gleiche Weise corrigirt und auf den Meeresspiegel nach der durch Santini angenommenen Höhe von 94,5 F., die schwerlich zu groſs ist, reducirt, geben 338''',21, was ich für richtiger halten und daraus einen abermaligen Beweis hernehmen möchte, daſs die Barometer an den Meeresküsten unter mittleren und höhern Breiten meistens niedriger stehn, als den gegebenen Orten zukommt. Auch Padua ist seiner Lage nach sehr dazu geeignet, einen Normalpunct zur Ausmittelung des absoluten Barometerstandes abzugeben. Der mittlere Barometerstand zu Altona unter 53° 35' ist nach sechsjährigen Beobachtungen 337''',09. In Palermo unter 38° 9' N. B. konnte Schouw wegen beschädigten Barometers nicht selbst eine Vergleichung anstellen, aus einer durch Herschel vorgenommenen aber findet er die mittlere corrigirte Barometerhöhe dort 338''',21, für London aber unter 51° 31' N. B. aus siebenjährigen Beobachtungen von 1823 bis 1829 nach gehöriger Reduction 337''',33.

56) Einige Bestimmungen, welche bereits[1] angeführt sind, hat Schouw gleichfalls aufgenommen, jedoch weichen seine Angaben in Folge anderer Reductionen etwas ab. Dahin gehören unter andern die mit den Barometern der Mannheimer Gesellschaft erhaltenen, die man durch eine Correction von 0,26 Linien, welche Gröſse ich von einem gleichen, im hiesigen Cabinette befindlichen Barometer entnehme, der Wahrheit näher bringt. Hiernach fand Silvabelle zu Marseille unter 43° 17' im Mittel 337''',64, van der Perre zu Middelburg unter 51° 30' N. B. 336''',86, van Swinden zu Delft unter 52° N. B. 336''',97, Wilse zu Spydberg unter 59° 18' N. B. 336''',42 und auf dem Observatorium zu Stockholm unter 59° 20' erhielt man nur 335''',91 par. Lin. Die Bestimmungen von Dangos für Malta unter 35° 53' N. B. zu 337''',142, von Dalton für Keswick und Kendal unter 54° 24' zu 337''',00, von Fleuriau de Bellevue für Rochelle unter 46° 9' zu 338''',833 und von Herzberg für Stift Bergen unter 60° 10' zu 335''',85 finde ich keinen Grund abzuändern.

57) Schouw theilt ferner noch folgende Bestimmungen

1 S. Art. *Barometer*. Bd. I. S. 916.

mit. Guerin erhielt zu Avignon unter 43° 57′ aus zehn Jahren 337‴,80; das Mittel aus 11jährigen Beobachtungen nach Arago und Bouvard giebt für Paris unter 48° 50′ N. B. 337‴,81; nach de la Marmora ist nach dreijährigen Beobachtungen der mittlere Barometerstand zu Cagliari unter 39° 27′ N. B. 337‴,03; nach Risso zu Nizza unter 43° 41′ N. B. 336‴,5; nach Neuber zu Apenrade unter 55° N. B. 336‴,72; nach Strehlke zu Danzig unter 54° 20′ N. B. 336‴,95; nach Sommer zu Königsberg unter 54° 42′ nach achtjährigen Beobachtungen 337‴,12; nach L. Euler zu Petersburg unter 59° 56′ N. B. aus zwanzigjährigen Beobachtungen 336‴,89; nach Forbes zu Edinburg unter 55° 56′ N. B. aus 4410 Beobachtungen 336‴,13; nach Dalton zu Manchester unter 53° 28′ aus 25jährigen Beobachtungen 337‴,82 und aus den letzten 15jährigen, mit dem nämlichen Barometer angestellten sogar 338‴,49, welcher bedeutende Unterschied nothwendig auf irgend einem Fehler beruhn mufs, inzwischen ergiebt sich so viel unverkennbar, dafs der Luftdruck im Innern des Landes gröfser ist, als an den Küsten. Am merkwürdigsten sind aber die auffallend niedrigen Barometerstände unter höhern Breiten und insbesondere an Küstengegenden, worauf Schouw die Hypothese einer naturgesetzmäfsigen Abnahme des mittlern Barometerstandes mit zunehmender Breite gründet. Hierhin gehören die für Christiania unter 59° 54′ durch Hansteen aus achtzehnmonatlichen Beobachtungen gefundene Bestimmung von 335‴,91, jedoch nicht wenig abweichend von der, welche Esmark für ebendiesen Ort angiebt, nämlich 336‴,30, die von Thorstensen für Näs bei Reikiavig auf Island unter 64° N. B. aus 13jährigen Beobachtungen gefundene von 333‴,36 und die durch Capitain v. Scheel zu Eyafiord an der Nordküste dieser Insel unter 66° N. B. erhaltene von 334‴,06, welche mit Mackenzie's Angabe von 29,645 engl. Zoll oder 334‴,788 par. Lin. vermuthlich bei 4°,53 C. sehr gut übereinstimmt. Hierhin gehören dann ferner die Messungen in Grönland, von denen die Kopenhagener Gesellschaft der Wissenschaften die Register besitzt, wonach Dr. Pingel zu Frederikshaab unter 62° 30′ N. B. aus 5 Beobachtungen täglich in den Monaten October bis April nur 331‴,8 erhielt. Mit dieser auffallend geringen Gröfse stimmt sehr genau das Resultat überein, welches Ginge aus 6monatlichen Beobach-

tungen zu Gothaab unter 64° N. B. mit einem Mannheimer Barometer ableitete, nämlich mit Hinzufügung der oben angegebenen Correction 331''',49, genauer aber ist der dortige mittlere Barometerstand durch Mühlenphort mittelst eines zu Kopenhagen verglichenen Barometers in den Jahren 1816 bis 1821 zu 333''',36 aufgefunden worden. Alle frühere Resultate wurden im Winter und Frühling erhalten, und ihre Uebereinstimmung unter sich, so wie ihre Vergleichung mit dem letztern setzt es wohl aufser Zweifel, dafs dort im Winter ein niedrigerer Barometerstand herrscht, als im Sommer. Für Godhavn unter 68° N. B. lieferte Major Fasting 20 Monate fortgesetzte Beobachtungen, welche nach gehörigen Correctionen für diesen Ort 334''',03 geben. Frühere Beobachtungen des Capitain Graah 10 Monate hindurch an demselben Orte geben 334''',35. Zu Upernavik unter 73° N. B. beobachtete Corsten 11 Monate lang dreimal täglich und erhielt als reducirtes Mittel 334''',77. Eine hierdurch angezeigte Vergröfserung des mittleren Barometerstandes unter höheren Breiten findet Schouw durch Parry's Beobachtungen auf Melville unter 74° 47' N. B. bestätigt; denn obgleich die Angaben zur Reduction auf 0° C. fehlen, so läfst sich doch mit Wahrscheinlichkeit annehmen, dafs die Temperatur an der Wand, wo das Barometer hing, im Mittel nicht über 0° C. hinausging, und dann ist das Mittel 336''',37. Ebendessen Beobachtungen bei der Winter-Insel unter 66° N. B. vom 15. Oct. 1821 bis 7. Juni 1822, für die mittlere Temperatur der Luft = 11°,25 F. corrigirt, geben im Mittel 335''',66 und zu Igloolik unter 69° 30', für 19°,89 F. corrigirt, 337''',2, welche Bestimmungen zwar wegen der blofs auf Wahrscheinlichkeit beruhenden Correction für die Temperatur nicht für absolut genau gelten können, aber dennoch im Allgemeinen genugsam beweisend sind. Eine sehr schätzbare Reihe von Beobachtungen hat Scoresby bei seinen wiederholten Reisen auf den Wallfischfang aufgezeichnet, aus denen, die mittlere Breite der besuchten Orte zu 75° 30' angenommen, und für die gleichfalls bemerkte Mittelwärme der Luft corrigirt, eine mittlere Barometerhöhe von 336''',33 hervorgeht. Erman hat durch die von ihm in einigen Gegenden Sibiriens, namentlich zu Ochozk, beobachteten ungemein niedrigen Barometerstände einen hauptsächlichen Impuls gegeben, diesen Gegenstand in nähere Betrachtung zu ziehn

und über den höchsten ungleichen Luftdruck unter verschiedenen Breiten und Längen Auskunft zu suchen. Schouw bemerkt jedoch mit Recht, dafs zu einer entscheidenden Bestimmung seine eigenen Beobachtungen einen viel zu kurzen Zeitraum umfassen. Dagegen gewähren die von ihm mitgetheilten Beobachtungen des Capitain Stanitzky in Peter-Paulshafen unter 52° 30′ N. B., welche ein Jahr umfassen, eine gröfsere Sicherheit und geben nach den erforderlichen Correctionen 334‴,06, ebenso wie die des Capitain Tschistjakoff auf Sitka unter 57° N. B., die jedoch nur 10 Monate hindurch fortgesetzt wurden, aus denen als jährliches Mittel 334‴,9 folgt, mit einer etwa 1‴,5 betragenden Ungewifsheit. Aus hohen südlichen Breiten führt Schouw blofs die Beobachtungen an, welche Capitain King zu Port-Famine unter 53° 30′ S. B. vom Februar bis August 1828 fünfmal täglich anstellte und welche nach den gehörigen Reductionen 331‴73 als jährliches Mittel geben.

58) Da der Zweck unsers Werkes vorzüglich erfordert, die vorhandenen Thatsachen, mit Uebergehung der einer Beachtung unwerthen, möglichst vollständig zusammenzustellen, um bei dem übergrofsen Reichthum derselben dem Forscher die Uebersicht des bereits Bekannten zu erleichtern, so füge ich noch Folgendes hinzu. Flinders[1] führt in seinem Reiseberichte die unter verschiedenen südlichen Breiten beobachteten Barometerstände an. Zuweilen sind jedoch nur die Extreme angegeben, aus denen man das Mittel nehmen mufs, und im Ganzen sind die Barometerstände weder für die Wärme noch die Capillarität gehörig corrigirt. Unter der Voraussetzung also, dafs die angegebene Temperatur der Luft auch die des Quecksilbers im Barometer gewesen sey und dafs für eine Weite der Röhre zwischen 2 und 3 Linien die Capillardepression durch 0‴,35 corrigirt werden könne, erhält man folgende reducirte Werthe.

12° 48′ S. B.	=	335‴,5515		33° 41′ S. B.	=	337‴,2714
17 21 —	=	335,0448		33 52 —	=	336,9608
20 0 —	=	335,1000		34 44 —	=	337,5532
21 50 —	=	338,4500		35 0 —	=	335,1780

1 Dessen Reise. Weim. 1816.

Die auffallenden Gröfsen für 21° 50′ und für 35° 0′ abgerechnet zeigen diese Beobachtungen eine auch auf der südlichen Hemisphäre mit den Breitengraden zunehmende Barometerhöhe, zur Bestimmung des absoluten Luftdrucks sind aber diese Angaben ebensowenig genügend, als die von Horner und Cook, weil die Richtigkeit des Barometers nicht verbürgt ist. Eine schätzbare Angabe für die südliche Halbkugel ist die aus Paramatta unter 33° 48′ 42″ S. B. und 150° 1′ östl. Länge von Greenwich, wo im Jahre 1823 die mittlere Barometerhöhe 62 F. über dem Meere 29,89 engl. Zoll betrug[1], also für 64° F. und die Capillarität corrigirt und auf den Meeresspiegel reducirt 336,634 par. Lin., wenn anders diese Bestimmung in allen Theilen für genau gelten kann.

Sehr genau hiermit übereinstimmend ist der mittlere Barometerstand, welcher aus Beobachtungen unter Brisbane's Aufsicht ein ganzes Jahr lang zu Port Macquarie unter 31° 26′ S. B. und 207° 3′ westl. L. von Gr. angestellt erhalten wurde, nämlich für die zugleich angegebene Temperatur corrigirt und auf den Meeresspiegel reducirt 336,56 par. Lin. Rivero beobachtete im Jahre 1826 vom 2. bis 5. Juni das Barometer stündlich zu Callao unter 12° 1′ S. B. und 41° 37′ w. L. von Gr. in einer Höhe von 7 Meter über dem Meeresspiegel. Der hieraus erhaltene corrigirte und auf den Meeresspiegel reducirte Barometerstand beträgt nach J. Oltmanns[2] 337,2214 par. Lin., eine Bestimmung, die aus Rücksicht auf die Oertlichkeit wohl für genau gelten kann. Einen sehr schätzbaren Beitrag zur Beantwortung der vorliegenden Frage hat Herschel[3] geliefert, indem er Ryan zu Beobachtungen eines genauen, mit dem Londoner Standart-Barometer verglichenen Instruments auf seiner Reise vom Cap bis Calcutta veranlasste. Folgende Uebersicht stellt die erhaltenen Resultate dar.

---

1 Edinburgh Journ. of Science. N. I. p. 83. Dublin. Philos. Journ. N. I. p. 150.

2 Astronomische und hypsometrische Grundlagen der Erdbeschreibung. Stuttg. 1831. S. 72.

3 London and Edinb. Philos. Mag. N. XLIV. p. 78.

Nördliche u. südliche Breite	Mittl. N. u. S. Breite	Zahl d. Beob.	Mittl. corr. Barom.-Stand
0° bis 5°	0° 41′	7	335,770 par. Lin.
5 — 15	9 50	10	336,085 — —
15 — 25	19 12	8	338,123 — —
25 — 35	31 0	10	339,192 — —
35 — 40	38 25	24	337,043 — —

Die geringe Höhe unter der Linie leitet Herschel von aufwärts gehenden Luftströmungen ab.

Einen reichhaltigen Beitrag von Barometerbeobachtungen im atlantischen Oceane sowohl auf der südlichen, als auch auf der nördlichen Halbkugel erhielt Al. v. Humboldt[1] vom Capitain Quevedo, und sie sind um so wichtiger, da das gebrauchte Barometer zuvor verglichen wurde. Die corrigirten und auf 0° C. reducirten Barometerstände in par. Linien sind folgende.

Breite	Barom.	Breite	Barom.	Breite	Barom.
35° 7′ S.	338,191	11° 32′ S.	334,420	13° 17′ N.	336,322
34 4 —	335,489	9 2 —	333,958	15 24 —	335,759
33 45 —	334,071	6 29 —	333,732	17 36 —	335,759
30 4 —	336,332	4 26 —	333,382	19 53 —	336,210
28 45 —	336,311	2 2 —	333,493	21 30 —	336,885
26 24 —	335,635	0 57 —	333,958	23 40 —	335,781
23 23 —	334,972	0 17 N.	333,622	25 29 —	336,885
21 24 —	335,779	2 3 —	333,732	27 32 —	337,448
19 48 —	335,236	4 32 —	333,493	28 58 —	338,123
18 4 —	335,562	6 20 —	333,622	30 46 —	339,249
16 16 —	335,342	9 23 —	334,519	32 22 —	339,249
14 4 —	335,342	11 12 —	334,972	34 59 —	340,938

Der niedrige Barometerstand unter der Linie und seine Zunahme nach beiden Seiten hin wird auch hierdurch aufser Zweifel gesetzt. Aus seinen Beobachtungen in der Südsee mit demselben Barometer erhielt Quevedo folgende corrigirte und auf 0° reducirte Gröfsen.

---

1 Poggendorff Ann. XXXVII. 245.

Breite	Barom.	Breite	Barom.	Breite	Barom.
19° 15′ S.	335,726	30° 40′ S.	338,235	40° 48′ S.	338,191
21 8 —	335,647	31 35 —	338,235	43 27 —	339,046
23 32 —	336,107	32 20 —	338,235	45 48 —	339,733
25 2 —	336,547	33 5 —	338,517	47 37 —	339,763
26 12 —	336,885	34 16 —	338,235	50 8 —	339,773
27 49 —	338,010	35 25 —	337,741	54 ,25 —	335,559
29 5 —	338,573	38 17 —	340,037	57 24 —	336,423

Diese Resultate sind nur aus einzelnen Beobachtungen erhalten, aber mit dem nämlichen Barometer, und hieraus erklärt sich die im Ganzen regelmäfsige Zunahme der Barometerhöhen. Aus Beechey's Reise[1] theilt von Humboldt einige mittlere Resultate der im atlantischen Oceane angestellten stündlichen Beobachtungen mit, die zu den besten, von Reisenden gelieferten gehören sollen.

Breite	Barom.	Breite	Barom.
Von 25° N. bis 20° N.	338,032	Von 0° S. bis 5° S.	336,859
— 20 — — 15 —	337,841	— 5 — — 10 —	337,455
— 15 — — 10 —	337,268	— 10 — — 15 —	337,932
— 10 — — 5 —	336,986	— 15 — — 20 —	338,202
— 5 — — 0 —	336,603	— 20 — — 23 —	338,235

Auch die Angaben der französischen Akademiker nach der noch vorhandenen Inschrift an der Jesuitenkirche zu Quito unter 0° 3′ 18″ S. B., wonach der auf den Meeresspiegel reducirte mittlere Barometerstand bei 0° C. dort 336‴,00 betragen soll, darf wohl nicht übergangen werden. Ohne allen Zweifel ist hierbei die Capillarität nicht berücksichtigt und dann liefse sich näherungsweise nach der Art der damaligen Barometer 336,4 Lin. annehmen, mit andern Bestimmungen sehr genau übereinstimmend. Anhaltende genaue Beobachtungen, welche Dr. Gairdner[2] anscheinend mit grofser Sorgfalt auf dem Schiffe anstellte, geben für die nördlich und südlich dem Aequator zunächst liegenden Breitengrade im Mittel im stillen Oceane nördlich 30,093, südlich 29,965 und im atlantischen Meere nördlich 30,003, südlich 29,895, also im Mittel 29,989 engl. Zoll. Wird diese Gröfse bei mangelnder genauer Bestimmung der Temperatur nach der angegebenen mittleren

1 Voyage to the Pacific. T. II. p. 673.
2 Edinb. New Phil. Journ. N. XXXII. p. 292.

Wärme auf 0° reducirt und für die sicher nicht beachtete Capillarität annähernd corrigirt, so erhält man für den mittlern Barometerstand unter der Linie 336,494 par. Linien.

59) Auf der nördlichen Halbkugel giebt es der Beobachtungen eine weit gröfsere Zahl, und ich kann daher noch einige zusetzen. MACRITCHIE[1] beobachtete in den Jahren 1827 und 1828 täglich dreimal die meteorologischen Werkzeuge zu Bancoorah in Ostindien unter 23° 20′ N. B. und 87° 12′ östl. Länge. Das uncorrigirte Mittel des Barometerstandes am Mittage war 29,715 engl. Zoll, und wenn dieses für die mittlere Temperatur von 79°,87 F. und 215 engl. Fufs Höhe über dem Meere corrigirt wird, so beträgt die mittlere Barometerhöhe 335,757 par. Lin. Der eben genannte Dr. GAIRDNER[2] beobachtete zu Fort Vancouver unter 45° 38′ N. B. an der Mündung des Columbia-Flusses das Barometer ein Jahr lang und erhielt als Mittel bei 0° C. 337,785 par. Lin. Dabei wird angenommen, dafs die Höhe über dem Meeresspiegel unbedeutend und kein Einflufs der Capillarität vorhanden war. Der mittlere Barometerstand, wie er aus langjährigen Beobachtungen für Washington unter 38° 50′ N. B. angegeben wird[3], höchst wahrscheinlich für die Wärme corrigirt, weil er im Winter gröfser ist, als im Sommer, beträgt 336,907 par. Lin., also mit der Correction für die Capillarität und die Höhe annähernd 337,857 par. Lin. Am Mississippi unter 31° 28′ N. B. geben die Beobachtungen von ANDREW ELLICOT[4] in den Jahren 1830 bis 1833 im Mittel 337,335, wofür wegen der Höhe bis zum Meeresspiegel etwa 337,78 par. Lin. gesetzt werden kann. Zu Triest unter 45° 46′ fand STADLER[5] aus zwanzigjährigen Beobachtungen den mittleren corrigirten Barometerstand = 337,583, und wenn man zur Reduction auf den Meeresspiegel noch 0,2 Lin. hinzusetzt, so gäbe dieses 337,78 par. Linien. Nach einjährigen Beobachtungen zu Cheissac (Cantal in der Auvergne) im Jahre 1833 in einer Höhe

---

1 Edinb. New Phil. Journ. N. XXVI. p. 337.

2 Ebendaselbst N. XXXIX. p. 67.

3 Trans. of the Amer. Phil. Soc. held at Philad. N. S. T. III. p. 432. T. IV. p. 23.

4 Ebendaselbst T. IV. p. 28.

5 Kastner Archiv Th. VI. S. 69.

von 470 Meter über dem Meeresspiegel war der auf 0° C. reducirte mittlere Barometerstand 721,25 Millimeter[1]. Wird diese Gröſse bei einer mittleren Temperatur von 13°,3 C. auf den Meeresspiegel reducirt und die Capillardepression mit 0‴,35 hinzugefügt, so erhält man den mittleren Barometerstand = 338,51 par. Linien. Aus Beobachtungen zu London[2] in den Jahren 1827 bis 1830 findet Forbes den auf 0° C. und bei 95 Fuſs Höhe auf den Meeresspiegel reducirten mittleren Barometerstand = 337,17882 par. Lin., also wenig abweichend von der oben durch Schouw gefundenen Bestimmung. Es läſst sich jedoch aus dem, was Hudson[3] über seine späteren genauen Beobachtungen anführt, die Vermuthung entnehmen, daſs diese Gröſse wegen der Capillarität zu klein sey, und wir haben eine völlig genaue Bestimmung noch zu erwarten. William Macritchie[4] hat vierjährige, zu Clunie in Pertshire unter 56° 35′ N. B. und 186 engl. Fuſs über der Meeresfläche angestellte Mittagsbeobachtungen mitgetheilt. Für die angegebene mittlere Temperatur corrigirt und auf den Meeresspiegel reducirt geben sie im Mittel 336,05 par. Linien. Eine sehr genaue Bestimmung erhalten wir aus Quetelet's[5] Beobachtungen im Jahre 1833 zu Brüssel. Werden die für Temperatur und Capillarität corrigirten Resultate auf den Meeresspiegel bei einer nivellirten Höhe von 49,19 Meter und einer mittleren Temperatur von 11°,09 C. reducirt, so erhalten wir den mittleren Barometerstand = 336,97 par. L. Einjährige Beobachtungen zu Kinfauns-Castle[6] unter 56° 53′,5 N. B. und 150 engl. Fuſs über dem Meeresspiegel geben für die Höhe, die Temperatur und Capillarität corrigirt die immer noch sehr geringe und durch örtliche Einflüsse verminderte mittlere Gröſse von 335,4168 par. Linien. Eine lange Reihe von Beobachtungen, welche nicht weniger als 50 Jahre umfassen, zu Bützow unter 53° 54′ N. B. und 12° 9′ 7″,5 östl. Länge von Greenw. mit einem leider nicht absolut, aber doch nahe ge-

1 Annales d'Auvergne. T. VII. p. 144.

2 Philos. Trans. 1831. p. 227.

3 Phil. Trans. 1832. p. 575.

4 Edinburgh Phil. Journ. N. XXVI. p. 354.

5 Aperçu historique des Observations de Météorologie. Brux. 1834. 4.

6 Edinburgh New Phil. Journ. N. XXXII. p. 389.

nauen Barometer von Brander 34 F. über der Meeresfläche angestellt, geben im Mittel durch Nizze[1] auf 0° C. und den Meeresspiegel reducirt 336,968 par. Lin. Die Mittagsbeobachtungen zu Stralsund unter 54° 19' N. B. und 13° 20' östl. L. von G. mit einem Pistor'schen Barometer angestellt und gleichfalls durch Nizze[2] auf 0° C. und den Meeresspiegel reducirt geben 336,938 par. Lin. Von vorzüglicher Wichtigkeit wegen des ihnen gebührenden Vertrauens sind die neuesten Beobachtungen zu Petersburg in den Jahren 1831, 1832 und 1833, deren einzelne Mittel nur wenig von dem Mittel aller abweichen[3]. Auf 0° C. und den Meeresspiegel reducirt erhält man für Petersburg unter 59° 56' N. B. und 30° 24' östl. Länge von Gr. 337,1742 par. Lin. Wrangel giebt als mittleren auf 0° C. reducirten Barometerstand im sibirischen Eismeere unter 67° 30' bis etwa 73° N. B. 337,48 par. Lin. an[4]. Da seine Untersuchungen bis zum Cap Schelagskoi reichten und hauptsächlich in dieser Gegend von ungefähr 160° bis 170° östl. Länge von Greenwich angestellt wurden, so kam er selbst über den Meridian von Ochotzk hinaus, und sein erhaltenes Resultat ist also wegen der Vergleichung mit dem von Erman in der Gegend der letztern Stadt gefundenen auffallend niedrigen Barometerstande von höchster Wichtigkeit. Noch will ich bemerken, dafs nach dem Mittel aus neunjährigen Beobachtungen in den Jahren 1822 bis 1830 der Barometerstand zu Danzig 64 Fufs über der Meeresfläche 337,0267 par. Lin. betrug, wobei ich voraussetze, dafs hierin die Correction für die Höhe über der Meeresfläche schon begriffen ist.

60) Den eben erwähnten Beobachtungen im sibirischen Eismeere lassen sich sehr gut die der neuesten englischen Reisenden im americanischen Polarmeere gegenüberstellen. Parry's frühere Beobachtungen sind bereits von Schouw angeführt; wohl noch interessantere Resultate geben jedoch die auf seiner dritten Reise gröfstentheils zu Port Bowen angestellten[5].

---

1 Schumacher Astron. Nachr. Th. V. S. 208.
2 Ebend. Th. VII. S. 340.
3 Mém. de Petersbourg. VIme Sér. T. III.
4 Erman's Reise. Th. I. S. 381.
5 Journ. of a third Voyage for the Discovery of a North-West

Im Hafen selbst wurde zuerst um 15^h, 21^h, 3^h und 9^h oder nach bürgerlicher Zeit um 3 und 9 Uhr Vormittags und ebenso Nachmittags beobachtet, dann aber um 4 und um 10 Uhr und endlich um 5 und 11 Uhr nach bürgerlicher Zeit. Die tägliche Oscillation fiel auf 4 und 10 Uhr, betrug nur 0,01 Zoll engl. und war umgekehrt in Vergleichung mit der unter niedrigen Breiten, d. h. das Maximum fiel auf 4 Uhr. Das corrigirte Mittel der Barometerhöhen zwischen dem 60sten und 74sten Breitengrade war in den Jahren 1824 und 1825 nach engl. Zoll in den Monaten

Juni . .	29,9160	November	29,8984	April .	30,0667
Juli . .	29,7906	December	29,8689	Mai . .	30,0167
August .	29,6503	Januar .	29,7612	Juni . .	29,8889
September	29,6888	Februar .	29,8867	Juli . .	29,8170
October	29,9623	März .	30,1070	August .	29,6833

Im Monat September kam das Schiff von 70° bis 57° N. B. herab und der mittlere Barometerstand auf dieser Strecke war = 29,7435, also noch gröſser als der zu Port Bowen das Jahr vorher in demselben Monate erhaltene. Das Barometer kündigte auf dieser Reise die Wetterveränderungen nicht vorher an, vielmehr geschah dieses erst, als das Schiff unter den 60sten Grad der Breite herabgekommen war[1]. Unter den höheren Breiten fielen seine Schwankungen mit den Aenderungen des Wetters gleichzeitig zusammen, in zwei Fällen aber fiel es auch bei einem heftigen Sturme nicht, und als ein solcher im April eine ganze Woche anhielt, blieb es unverändert auf 30 Zoll. Der gröſste Unterschied vom 60sten bis zum 74sten Breitengrade während 16 Monaten war: das Minimum 1824 im September = 29,030 und das Maximum 1825 im Mai = 30,683, mithin betrug die absolute Gröſse der Oscillation nur 1,653 engl. Zoll. Der mittlere Barometerstand aus den 15 Monaten beträgt 336,28752 par. Linien und mit Hinzufügung der ohne Zweifel nicht schon corrigirten Capillardepression 336,63752 par. Linien. Vergleichen wir diese Gröſse mit der durch Ross zu Felix-Harbour unter 70° N. B. aus 30 Monate an-

---

Passage cet. Under the Orders of Capt. W. E. Parry. Lond. 1826. 4. p. 68.

1 Ebendas. S. 169.

haltenden Beobachtungen gefundenen, gleichfalls für die Capillarität corrigirten und auf 0° C. reducirten Mittel von 337,55965 par. Linien, so ergiebt sich ein Unterschied von 0,92213 par. Linien, welcher schwerlich gröfser ist, als die gewöhnlichen Differenzen der jährlichen mittleren Barometerstände zu seyn pflegen.

61) Ehe ich die hier mitgetheilten mittleren Barometerstände übersichtlich nebeneinander stelle, mufs erst noch die Frage zur Untersuchung kommen, ob sich die Grade der Länge für diese Gröfsen als bedingend zeigen. Wird hierunter blofs verstanden, ob an Orten von ungleicher Länge aber gleicher Breite verschiedene mittlere Barometerstände statt finden, so unterliegt ihre Bejahung keinem Zweifel, denn dieses geht aus vielen der mitgetheilten Gröfsen unverkennbar hervor; bezieht sich aber die Aufgabe darauf, ob unter gewissen Längengraden die mit den Breitengraden sich ändernden Barometerhöhen regelmäfsige, aber verschiedene Gesetze befolgen, so dafs sich regelmäfsig gekrümmte, die Parallelen schneidende, *isobarische*[1] *Linien* (für gleiche mittlere Barometerstände) entwerfen liefsen, dann wird die Antwort ungleich schwieriger. Erman[2] nimmt hauptsächlich nach seinen eigenen Beobachtungen vier solche Meridiane an, indem er den azorischen, den Cap-Verdischen, den Sitka-Panamischen und den Ochotzk-Kamtschatkischen unterscheidet, von denen dann der erste der *meizonobarische*, der letzte der *meionobarische* seyn soll. Es sind hierfür allerdings bedeutende Gründe vorhanden, und man kann nicht in Abrede stellen, dafs Erman die verschiedenen Barometerstände hiernach ziemlich unter einander harmonirend geordnet hat. Inzwischen bringt Schouw gewichtige Einwendungen hiergegen vor, worunter wohl am bedeutendsten ist, dafs der Azorische und der Cap-Verdische einander zu nahe liegen, die beiden letzteren Meridiane aber nach zu kurz dauernden Beobachtungen unterschieden werden. Ein vorzüglicher Einwurf scheint mir aufserdem in Wrangel's Beobachtungen enthalten zu seyn, da diese in den Ochotzkischen Meridian fallen und die mittlere Barometerhöhe ungleich gröfser angeben, als sie in Ochotzk und der Umgegend ge-

1 Eigentlich sollten diese *isobarometrische* heifsen. Vergl. §. 77.
2 Poggendorff Ann. XXIII. 134 ff.

funden wurde. Auf jeden Fall ist wohl, so grofs auch die Menge der bekannten Messungen scheinen mag, ihre Zahl und die Entfernung der ihnen zugehörigen Orte von einander noch keineswegs für eine solche Entscheidung genügend.

62) Die folgende Tabelle enthält eine nach den Graden der Breite geordnete Uebersicht der mittleren corrigirten und auf den Meeresspiegel reducirten Barometerstände, die so eben einzeln angegeben worden sind.

Orte	Breite	Länge w. v. G.	Barometer	Beobachter
Südsee . . .	57° 24′ S.	71° 20′	336‴,42	Quevedo
Port Famine . .	53 30 —	73 20	331,73	King
Cap	33 56 —	341 32	338,24	Puhlmann
Paramatta . .	33 49 —	209 59	336,63	Brisbane
Port Macquarie .	31 26 —	207 3	336,56	Brisbane
Rio-Janeiro . .	22 54 —	43 16	338,69	Eschwege
Isle de France .	20 9 —	309 32	338,92	Freycinet
Peru	17 0 —	69 30	337,35	Pentland
Callao	12 1	41 37	337,22	Rivero
Timor	10 — —	235 20	336,23	Freycinet
Atlantischer Ocean	5 — —	— —	336,85	Beechey
Quito	0 13 —	77 55	336,00	Bouguer
Aequator . . .	0 0	— —	336,00	Beechey
Aequator . . .	0 0	— —	336,49	Gairdner
Aequator . . .	0 14 N.	— —	335,77	Ryan
Christianborg . .	5 24 —	353?	336,95	Trentepohl
Cumana . . .	10 50 —	64 40	336,28	v. Humboldt
Guayra . . .	11 30 —	67 0	336,98	Boussingault
Madras . . .	13 5 —	280 3	337,27	Sykes
Puhna	18 — —	— —	335,26	Sykes
St. Thomas . .	18 22 —	64 52	337,13	Hornbeck
Macao	22 12 —	211 25	338,23	. . . . .
Calcutta . . .	22 35 —	271 37	337,31	Sykes
Havanna . . .	23 12 —	82 19	336,99	Ferrer
Bancoorah . .	23 20 —	272 47	335,76	Macritchie
Gran Canaria .	28 13 —	15 38	339,09	L. v. Buch
Teneriffa . . .	28 14 —	16 32	338,77	Escolar
Cairo	30 3 —	328 30	336,41	Coutelle
Mississippi . .	31 28 —	96 10	337,33	Ellicot
Madeira . . .	32 48 —	16 26	339,20	Heineken
Tripolis . . .	32 53 —	346 55	340,19	Denham und Clapperton
Malta	35 53 —	345 32	337,04	Dangos

Orte	Breite	Länge w. v. G.	Barometer	Beobachter
Palermo . . .	38° 9′N.	346° 28′	338‴,21	Cacciatore
Cagliari . . .	39 27 —	350 41	337,03	Marmora
Neapel . . .	40 50 —	345 48	337,94	Brioschi
Oleron	43 11 —	0 37	338,00	Bellevue
Marseille . . .	43 18 —	354 38	337,38	Silvabelle
Nizza	43 41 —	352 43	336,50	Risso
Florenz . . .	43 47 —	348 43	337,76	Inghirami
Avignon . . .	43 56 —	355 12	337,80	Guerin
Bologna . . .	44 30 —	348 49	337,87	Caturegli
Cheissac . . .	44 54 —	355 10	338,51	. . . .
Padua	45 24 —	349 20	337,87	Astronomen der Sternwarte
Fort Vancouvre .	45 38 —	124 30	337,78	Gairdner
Triest	45 46 —	346 6	337,78	Stadler
Rochelle . . .	46 9 —	1 10	338,10	Fleuriau de Bellevue
Luçon	46 27 —	1 8	338,33	. . . .
Olonne . . .	46 29 —	1 48	338,58	. . . .
Nantes . . .	47 13 —	1 33	338,67	. . . .
Brest	48 22 —	4 31	338,50	. . . .
Strafsburg . . .	48 35 —	352 15	338,36	Herrenschneider
St. Malo . . .	48 39 —	2 3	338,17	. . . .
Paris	48 50 —	357 40	337,53	Bouvard
Mannheim . .	49 29 —	351 32	338,24	v. Heiligenstein
Dieppe . . .	49 56 —	358 56	338,50	. . . .
Brüssel . . .	50 51 —	0 18	336,97	Quetelet
Middelburg . .	51 30 —	356 23	336,86	Van der Perre
London . . .	51 30 —	0 0	337,18	Hudson
Delft	52 00 —	355? —	336,97	Van Swinden
Peter-Pauls-Hafen	52 30 —	202 —	334,06	Stanitzki
Manchester . .	53 28 —	2 27	337,82	Dalton
Altona	53 33 —	350 14	337,09	Schumacher
Bützow . . .	53 54 —	347 51	337,10	Nizze
Stralsund . . .	54 19 —	346 40	336,94	Nizze
Kendal . . .	54 20 —	2 46	336,67	Dalton
Danzig . . .	54 20 —	341 22	336,95	Strehlke
- - - - -	— — —	— —	337,03	(9jähr. Beob.)
Keswick . . .	54 36 —	3 4	337,33	Dalton
Königsberg . .	54 43 —	339 31	337,12	Sommer
- - - - -	— — —	— —	336,95	Observatorium
Apenrade . . .	55 3 —	350 34	336,72	Neuber
Kopenhagen . .	55 41 —	347 25	338,21	Bugge
Colinton House	55 55 —	3 13	336,13	Forbes

Orte	Breite	Länge w. v. G.	Barometer	Beobachter
Canaan Cottage.	55° 55′ N.	3° 12′	336‴,75	Adie
Edinburg . .	55 56 —	3 11	336,09	Playfair
Clunie . . .	56 35 —	2 50	336,05	W. Macritchie
Kinfauns - Castle	56 53 —	. . .	335,42	Lord Gray
Sitka	57 3 —	136 0	334,90	Tschistjakoff
Spydberg . .	59 18 —	. . .	336,16	Wilse
Stockholm . .	59 21 —	341 56	335,91	Observatorium
Christiania . .	59 55 —	349 15	336,30	Esmark
Petersburg . .	59 56 —	329 24	337,17	Kupffer
Hardanger . .	60 10 —	354 40	335,55	Herzberg
Bergen . . .	60 23 —	354 44	335,58	Bohr
Frederikshaab .	62 30 —	47 40	331,80	Pingel
Reikiavig . .	64 00 —	21 55	333,36	Thorstensen
Gothaab . . .	64 10 —	51 57	331,49	Ginge
— —	— — —	— —	333,36	Mühlenphort
Eyafiord . . .	66 0 —	23 00	334,03	Scheel
Winter - Insel .	66 0 —	. . .	335,66	Parry
Godhavn . .	68 0 —	52 40	334,03	Fasting
			334,35	Graah
Igloolik . . .	69 23 —	81 45	337,20	Parry
Felix Harbour .	69 59 —	91 53	337,56	Ross
Sibirien . . .	70 bis 73 -	205 0	337,48	Wrangel
Upernavik . .	73 5 —	51 50	334,77	Corsten
Port Bowen . .	73 13 —	89 5	336,64	Parry
Melville Ins. .	74 58 —	110 50	335,61	Parry
Spitzbergen . .	75 bis 78 -	352 0	335,47	Scoresby

63) Ueberblicken wir die mitgetheilte Tabelle, so schwindet anfangs jede Hoffnung, nach Ausscheidung der stärksten Anomalieen ein allgemeines Gesetz für den mittleren Barometerstand aufzufinden, bei näherer Betrachtung stellt sich ein solches jedoch allerdings heraus, obgleich auch dann noch eine Menge Abweichungen von demselben übrig bleiben. Wäre die Atmosphäre in völliger Ruhe, so möchte ich für den 45sten Breitengrad einen mittleren Barometerstand von etwa 337,5 par. Lin. annehmen, welcher dann durch verschiedene, theils allgemeine, theils specielle örtliche Bedingungen vielfache Abänderungen erleidet. Abstrahirt man aber von diesem einmal nicht statt findenden Zustande der Ruhe und bemüht man sich die Gesammtwirkung der vorhandenen regelmäfsigen Schwankungen der Atmosphäre zu würdigen, worunter insbesondere auch die oben (§. 42.) erläuterte Wellenbewegung

als Ursache der regelmäfsigen barometrischen Oscillationen gehört, so gelangt man zu folgenden allgemeinen Resultaten. Den entschiedensten Einflufs auf den atmosphärischen Luftdruck äufsern die in der tropischen Zone statt findenden, durch Wärme und Verdampfung erzeugten, aufsteigenden Luftströmungen, welche noch aufserdem durch die dort im Maximo vorhandenen täglichen Oscillationen verstärkt werden. Nimmt man die Gröfse der hierdurch bewirkten Aenderung zu 1,25 Lin. an, so wird der mittlere Barometerstand unter der Linie bis 336,25 par. Lin. herabgehn. Sowohl das hier genannte regelmäfsige Aufsteigen der Luftmassen unter dem Aequator, als auch die regelmäfsigen täglichen Oscillationen des gesammten Luftoceans, die sich jedoch aus den angegebenen Gründen, mit der Erfahrung übereinstimmend, nicht weiter als bis zum Polarkreise erstrecken können, erzeugen den bekannten Andrang der nördlichen Luftmassen, welche bei dieser Bewegung bei der Annäherung an der Grenze der tropischen Zone einen um so viel stärkeren Widerstand finden, je mehr sie erwärmt und hierdurch sowohl, als auch durch aufgenommenen Wasserdampf ausgedehnt werden, so dafs sie in den Passatwinden ausweichen. Die hierdurch unverkennbar erzeugte Anhäufung der Luft hat einen vermehrten Druck zur Folge und das Barometer mufs daher steigen. Setzen wir die hierdurch bewirkte Verlängerung der Quecksilbersäule gleichfalls auf 1,25 Linie, so wird der mittlere Barometerstand in der gemäfsigten Zone auf 338,75 par. Lin. erhöht werden. Hiernach erhielte dann die Quecksilbersäule in der Polarzone wieder ihre normale Länge von 337,25 Linien.

Hierdurch wird jedoch die Curve der Barometerhöhen, wenn wir darunter eine Linie verstehn, welche, in einem gewissen Meridiane durch einen Quadranten der nördlichen Halbkugel fortlaufend, die Enden der Quecksilbersäulen in der Torricelli'schen Röhre berührt, deren unteres Niveau im Spiegel des ebenen Meeres liegen möge, nur im Allgemeinen bezeichnet, wenn man aber den Einflufs der Strömungen von den Polen zum Aequator, der täglichen periodischen Oscillationen und die wechselnde Abweichung der Sonne genauer würdigt, so mufs diese Linie eine etwas veränderte Gestalt erhalten, die schon dadurch nothwendig bedingt wird, dafs die Vermehrungen und Verminderungen der Quecksilberhöhen nicht

plötzlich eintreten können, sondern allmälig, aber der gröfseren oder geringeren Zunahme der wirkenden Ursachen gemäfs schneller oder langsamer erfolgen müssen. Hiernach hat die genannte Curve unter dem Aequator ihren tiefsten Punct, läuft bis etwa 10° N. B. ohne merkliche Veränderung fort, hebt sich von hier an wenig, bis zum 20sten Breitengrade, steigt von hier an schneller und erreicht unter dem 30sten etwa ihr Maximum, welches sie fast bis zum 40sten Grade beibehält. Von hier senkt sie sich sehr allmälig bis zum 50sten Breitengrade, bleibt von hier an unverändert bis zum 55sten, scheint aber von hier an wieder eine kleine Vertiefung zu erhalten, die ich davon abzuleiten geneigt bin, dafs von hier an bis zum 65sten Breitengrade die Grenze liegt, wo die regelmäfsige tägliche Wellenbewegung aufhört und in eine entgegengesetzte übergeht, aus welcher oben (§. 42.) die täglichen periodischen Schwankungen abgeleitet wurden. Vom 65sten Breitengrade an beginnt wieder eine Zunahme, indem unter 70° der Barometerstand seine normale Gröfse schon wieder erreicht zu haben scheint, und ich möchte dann annehmen, dafs von da an bis zum Pole wegen der gröfseren Ruhe der Atmosphäre, ihrer Kälte, der Abwesenheit des Wasserdampfes und wegen mangelnder aufwärts gehender Strömungen wieder eine Vergröfserung der Barometerhöhe eintreten müsse. Beweise für diese Ansicht liefert die mitgetheilte Tabelle, obgleich nicht sowohl die Wahl der einzelnen beobachteten Barometerhöhen, als vielmehr die Begründung der ganzen Hypothese wegen der zahlreichen Ausnahmen schwierig und unsicher wird. Es lassen sich jedoch anführen: für 0° das Mittel aus den Bestimmungen von Beechey und Gairdner = 336,24 Lin., für 10° giebt Cumana 336,28 nach v. Humboldt, für 20° giebt das Mittel aus 18° und 22° von St. Thomas und Calcutta 337,22 Lin. nach Hornbeck und Sykes, für 30° giebt das Mittel von Gran Canaria und vom Mississippi 338,21 nach L. v. Buch und Ellicot, für den 50sten Grad möge das Mittel aus den zu Paris und Mannheim gefundenen Gröfsen mit 337,88 Lin. gelten, für den 55. das Mittel aus den beiden für Königsberg gefundenen Werthen mit 337,03 Lin., dann macht sich die beginnende Erhöhung wieder sichtbar in der Bestimmung zu Petersburg von 337,17 Lin. nach Kupffer, und für noch höhere Breiten scheint mir das Mittel aus den durch Ross und

Wrangel gefundenen Werthen, nämlich 337,54 dienen zu können.

64) Nehmen wir das, was diesemnach hierüber aufgestellt worden ist, als Regel an, so gehören alle hierzu nicht passende Barometerstände zu den Ausnahmen, die durch örtliche Einflüsse bedingt werden. Diese Einflüsse sind theils allgemeine, theils specielle, und obwohl nur gering rücksichtlich der Zahl ihrer Arten, dennoch höchst vielfach und verschieden an Wirkung; denn ohne dieses wäre gar nicht erklärlich, wie an nicht weit von einander abstehenden Orten so ganz verschiedene Barometerstände statt finden könnten, dafs auch bei angenommener gröfster Fehlergrenze der Beobachtungen stets noch ein sehr merkbarer Unterschied hervortritt, wie beispielsweise schon durch die Vergleichung von denen zu Tripolis und Cairo sichtbar hervorgeht. Als solche bedingende Ursachen wüfste ich, aufser einigen unbedeutenden, als eine stärkere Erwärmung durch den Einflufs des Bodens, erleichterte Verdunstung, Erzeugung oder Abhaltung gewisser Luftzüge u. s. w., kaum eine andere namhaft zu machen, als partielle Luftströmungen. Hierüber lassen sich bei noch mangelnden genügenden Beobachtungen zwar nur Hypothesen aufstellen, allein diese haben ohne Widerrede mindestens einen hohen Grad innerer Wahrscheinlichkeit. Merkwürdig ist hierbei noch der oben bereits erwähnte Umstand, dafs die Luftströmungen sowohl eine Erhebung, als auch eine Senkung des Quecksilbers bewirken können, je nachdem die Luftmassen an irgend einem Orte von aufsen her zusammengedrängt werden oder mit Leichtigkeit nach aufsen abfliefsen, und ich zweifle nicht, dafs das hierüber aufgestellte Gesetz (§. 44. d.) in der Natur begründet sey. Ein allgemeiner, das Quecksilber deprimirender Strom der erwärmten Luft, von der Grenze der äquatorischen Zone aus bis zum Polarkreise und noch weiter hin fortgehend, scheint mir im atlantischen Oceane unter einer mittleren Länge von etwa 15° westlich von Greenwich vorhanden zu seyn, welcher zum Theil den niedrigen Barometerstand auf Island und Grönland zur Folge hat, und ein zweiter im Mittel etwa 180 Grade hiervon entfernt, dessen Einflufs sich bei den Barometerständen zu Kamtschatka zeigt. Beide werden möglicherweise durch die Configuration der Länder ganz oder zum Theil erzeugt und kündigen sich noch aufserdem durch hervorste-

chende Milde der Temperatur an. Aufser diesen allgemeinen Anomalieen giebt es der Beispiele von einzelnen in Menge, unter denen die niedrigen Barometerstände auf Island, Grönland und der Küste Norwegens am auffallendsten sind. An allen diesen Orten fliefst die schwere Luft des Landes in die leichtere über dem Meere ab. Letztere tritt an ihre Stelle, verliert ihren Wassergehalt, und die Folgen dieses Processes zeigen sich auf gleiche Weise in dem niedrigen Barometerstande, als in den sonst ungewöhnlichen Wintergewittern, welche in Verbindung mit einem ungewöhnlich niedrigen Barometerstande auf Kamtschatka gleichfalls zum Vorschein kommen. Inzwischen ist noch viel zu thun, bis alle einzelne Anomalieen vollständig aufgeklärt seyn werden.

65) Aufser den tägl. regelmäfsigen Oscillationen des Barometers ist auch von denen geredet worden[1], welche durch die Anziehung der Sonne bewirkt werden sollen und sich daher mit dem Stande derselben wechselnd zeigen müssen. Ein eigentliches Angezogenwerden des Luftoceans durch die Sonne findet nicht statt; auch wurde von mir bemerkt, dafs die Wärme die wirklich vorhandenen Schwankungen des Barometers nicht allein und unmittelbar erzeugen könne. Kämtz[2] zeigte demnächst, dafs nothwendig ein Zusammenhang zwischen den allgemeinen Bewegungen der Atmosphäre in den Passatwinden und den barometrischen Schwankungen statt finden müsse, und spätere Untersuchungen von L. v. Buch[3] haben das hierfür geltende Gesetz näher kennen gelehrt, wonach allerdings eine mit der Declination der Sonne zusammenfallende Veränderung des Barometers erweisbar ist, die sich namentlich in dem Unterschiede der mittleren Höhen im Winter und im Sommer kenntlich macht. Auch der Einflufs des Mondes ist seitdem aufser Zweifel gesetzt worden, wie weiter unten bei den allgemeinen Bedingungen der meteorologischen Phänomene gezeigt werden soll.

66) Demnächst kommen hauptsächlich die *unregelmäfsigen* barometrischen Schwankungen in Betrachtung. Dasjenige, was hierüber bereits gesagt worden ist[4], läfst sich bedeutend vervoll-

---

1 S. Art. *Barometer*. Bd. I. S. 928.
2 Allgem. Lit.-Zeit. 1826. S. 512.
3 Poggendorff Ann. XV. 355.
4 S. Art. *Barometer*. Bd. I. S. 932.

ständigen, da durch zahlreiche Beobachtungen und Untersuchungen der Meteorologen die Menge der vorhandenen Thatsachen ausnehmend vermehrt worden ist, und insbesondere hat Kämtz[1] einen so reichen Schatz hiervon gesammelt und geordnet, daſs es für jede künftige Untersuchung dieses Gegenstandes an Material nicht fehlen kann. Zur Vermeidung zu groſser Ausführlichkeit und um die Uebersicht zu erleichtern werde ich mich jedoch begnügen, nur die Hauptsachen hier mitzutheilen.

Bei den unregelmäſsigen Schwankungen des Barometers kommt zuerst die absolute Gröſse derselben in Betrachtung oder der Unterschied zwischen dem höchsten und niedrigsten Barometerstande, welcher, wenn auch nur ausnahmsweise und während einer längern Zeit, an irgend einem Orte vorkommt. Allerdings bemerkt Kämtz mit Recht, daſs diese Differenz, die von den älteren Meteorologen fast ausschlieſslich angemerkt wurde, zur Begründung eines allgemeinen Gesetzes von geringem Nutzen sey, was schon daraus hervorgeht, daſs die absoluten Maxima und Minima nicht alle Jahre gleich sind, sondern als einzelne Anomalieen oft mehrere Jahre aus einander liegen, ohne daſs sich bestimmen läſst, wie groſs der zu ihrer Auffindung erforderliche Zeitraum seyn müsse; allein es gewährt dennoch ein nicht geringes Interesse, eben bei diesen seltenen Abweichungen vom gewöhnlichen Gange, zu wissen, ob die beobachtete Gröſse die früher an demselben Orte oder einem andern etwa unter gleicher Breite liegenden bereits wahrgenommene übersteigt, und ich will daher einige mir zufällig vorgekommene Bestimmungen dieser Art der Kürze wegen sogleich nach den Breitengraden geordnet neben einander stellen, da sich schon in voraus erwarten läſst, daſs die Unterschiede der Polhöhen auch hierauf ihren Einfluſs äuſsern. Die Angaben der folgenden Tabelle sind an sich klar, auſser die der vierten Columne, wofür bemerkt werden muſs, daſs die darin angegebene Zeit diejenige bezeichnet, während welcher die Beobachtungen angestellt wurden, aus denen das Maximum und Minimum entnommen ist.

---

1 Meteorologie. Th. II. S. 295 ff.

Orte	Breite	Unterschied	Beob.-Zeit	Beobachter
Paramatta . .	33° 49′ S.	10″,697	12 Monate	Brisbane[1]
Rio Janeiro . .	22 54 —	5,281	18 Monate	Eschwege[2]
Isle de France .	20 9 —	11,936	1 Jahr	Sykes[3]
Aequator . . .	0 0 —	7,883	2 Jahre	Gairdner[4]
Puhna . . .	18 0 N.	7,567	12 Monate	Sykes[3]
Calcutta . . .	22 35 —	5,743	12 Monate	Sykes[3]
Havanna . . .	23 12 —	13,720	3 Jahre	Ferrer[5]
Bancoorah . .	23 20 —	10,697	2 Jahre	G. Macritchie[6]
Mississippi . .	31 28 —	9,346	4 Jahre	Ellicot[7]
Knutsford[8] . .	43 0 —	28,149	1 Jahr	. . . .
Cheissac[9] . .	45 10 —	12,678	. . . .	. . . .
Strafsburg . .	48 35 —	26,200	32 Jahre	Herrenschneider[10]
Carlsruhe . .	49 1 —	29,370	41 Jahre	Boeckmann[11]
Heidelberg . .	49 24 —	26,340	18 Jahre	Muncke
Giefsen . . .	50 34 —	23,000	30 Jahre	Schmidt[12]
Lüttich . . .	50 39 —	18,966	33 Monate	Davreux[13]
Maestricht . .	50 49 —	30,387	4 Jahre	Crahay[13]
Arnstadt . . .	50 49 —	21,660	10 Jahre	Lucas[10]
Brüssel . . .	50 51 —	21,805	12 Monate	Quetelet[13]
Jena	50 56 —	20,500	17 Jahre	Voigt[14]
Bützow . . .	53 54 —	19,04	. . . .	Nizze[15]
Castle-Toward	55 50 —	23,758	5 Jahre	Kirkmann Finlay[16]
Kinfauns Castle	56 23 —	26,460	2 Jahre	Lord Gray[17]

1 Edinburgh Phil. Journ. N. XXI. p. 119.

2 Dessen Journal von Brasilien. Heft II. S. 148.

3 Philos. Trans. 1835. p. 166.

4 Edinburgh New Phil. Journ. N. XXXII. p. 292.

5 Connaiss. des Temps. 1817. p. 338.

6 Edinb. New Phil. Journ. N. XXVI. p. 337.

7 Trans. of the Amer. Phil. Soc. T. IV. p. 23. T. VI. p. 28.

8 Edinb. Phil. Journ. N. XII. p. 382.

9 Annales d'Auvergne. T. VII. p. 144.

10 Eisenlohr in Poggendorff Ann. XXXV. 144

11 Eisenlohr Untersuchungen über das Klima und die Witterungsverhältnisse vor Carlsruhe S. 37.

12 Hand- und Lehrbuch der Naturlehre. Giefs. 1826. S. 182.

13 Aperçu historique des Observations de Météorologie par Quetelet. Brux. 1834. 4.

10 Kastner Archiv. Bd. VIII. S. 48.

14 Dessen Magazin. 1806. März S. 270.

15 Kastner Archiv. Bd. VII. S. 144.

16 Edinb. Phil. Journ. N. XXXV. p. 144.

17 Edinb. New Phil. Journ. N. XXXII. p. 389. XXXVI. p. 357.

Orte	Breite	Unterschied	beob. Zeit	Beobachter
Unalaschka . .	57° 3 N.	22''',844	20 Monate	Lütke[18]
Upsala . . .	59 51 —	16,270	. . . .	Observatorium[19]
Petersburg . .	59 56 —	26,520	12 Monate	Kupffer[20]
Bergen . . .	60 0 —	35,400	28 Jahre	Herzberg[21]
Felix Harbour .	69 59 —	21,086	2,5 Jahre	Ross
Port Bowen . .	70 bis 74 —	18,613	18 Monate	Parry

67) Die hier mitgetheilten Bestimmungen sind zwar nicht alle gleich zuverlässig, weil nicht alle Beobachter auf die eigentlichen Maxima und Minima, die selten in die gewöhnlichen Beobachtungszeiten fallen, genau zu achten pflegen und aus ihren Registern nicht stets zu entnehmen ist, ob sie dieselben mitgetheilt haben, aufserdem erscheint eine strenge Vergleichung schon deswegen als unmöglich, weil die Dauer der Beobachtungszeiten nicht gleich ist; dennoch aber lassen sich Resultate daraus entnehmen, die zur Begründung und Erweiterung eines richtigen Urtheils über die barometrischen Oscillationen überhaupt keineswegs gleichgültig sind. Zuerst ergiebt sich, dafs unregelmäfsige barometrische Oscillationen überall statt finden, deren Wahrnehmung jedoch unter dem Aequator und unter den ihm nahen Breitengraden wegen ihrer Kleinheit nur erst durch längere Zeit anhaltende Beobachtungen möglich wird. Wegen der bereits[1] erwähnten Geringfügigkeit dieser letzteren, die insbesondere den aus Europa dorthin kommenden Reisenden auffallen mufste, ehe die fortgesetzte Untersuchung der Sache das Wesentlichste hierüber feststellte, äufserte v. Humboldt[2], überrascht durch die scheinbar blofs den regelmäfsigen Schwankungen unterworfene Barometerhöhe, dafs nur diese allein der tropischen Zone angehörten, eine seitdem oft wiederholte Behauptung. Allein Kämtz[3] und Hällström[4] haben nachgewiesen, dafs v. Hum-

18 Kupffer in Poggendorff Ann. XXIII. 116.
19 Erman in Poggendorff Ann. XXIII. 126.
20 London and Edinb. Phil. Mag. N. X. p. 260.
21 Edinburgh Journ. of Science. N. XIII. p. 83.
1 S. Art. *Barometer*. Bd. I. S. 919.
2 Voyage. T. X. p. 393.
3 Schweigger's Journ. Th. XLVII. S. 143.
4 Poggendorff Ann. XI. 252.

BOLDT's eigene Beobachtungen einige unregelmäſsige Schwankungen erkennen lassen; ebendiese zeigen sich in denen von BOUSSINGAULT[1] zu Sta. Fé de Bogota und in den zweijährigen zu Sierra Leone, deren WINTERBOTTOM[2] gedenkt. Zugleich hat man nach der Meinung von DAN. BERNOULLI[3], LAMBERT[4] und DE SAUSSÜRE[5] angenommen, daſs die Gröſse dieser unregelmäſsigen Oscillationen mit der Höhe über der Meeresfläche abnehme, WAHLENBERG[6] dagegen schloſs aus Beobachtungen auf dem St. Gotthard, daſs wegen der Nähe der Wolken, der Anwesenheit des Schnees und der freien Luftströmung die Schwankungen durch die Erhebung über die Meeresfläche vergröſsert würden. Inzwischen hat KÄMTZ[7] durch verschiedene Beispiele nachgewiesen, daſs das erstere Gesetz das richtige sey.

68) Handelt es sich um die absolute Gröſse dieser unregelmäſsigen Oscillationen, so glaube ich, daſs die Beobachtungen von GAIRDNER Vertrauen verdienen, und wir können sie daher unter der Linie, einige bei heftigen Stürmen vorkommende Ausnahmen abgerechnet, zu nahe 8 par. Lin. annehmen. Mit zunehmender Breite wachsen sie auſserordentlich, allein das Gesetz dieser Zunahme wird durch örtliche Einflüsse sehr modificirt. Da, wo solche specielle Bedingungen nicht statt finden, würden sie unter 30° der Breite etwa 10 Linien, unter 45° der Breite 22 Lin. und unter 55° gegen 30 Linien betragen. Allgemeiner wirkende Ursachen erzeugen dann ferner den groſsen Unterschied der jährlichen unregelmäſsigen Oscillationen. In Carlsruhe beträgt ihre Gröſse im Mittel 17,38 Linien und wechselt von 14,05 bis 26,12 par. Lin. und zwar so, daſs meistens einige Jahre mit gröſseren und andere mit kleinen Oscillationen auf einander folgen. Unter andern bemerkt EISENLOHR[8], daſs das Jahr 1821 sich durch einen ebenso ungewöhnlich hohen, als niedrigen Barometer-

---

1 Ann. Ch. Ph. 1827. Fevr. T. XXXIII. p. 427.
2 Dessen Nachrichten. S. 50.
3 Acta Helvetica. T. I et II.
4 Ebend. T. III.
5 Reisen. D. Ueb. Th. IV. S. 354.
6 Flora carpath. p. XXI.
7 Meteorologie Th. II. S. 335.
8 Untersuchungen der Witterungsverhältnisse u. s. w. S. 37.

stand auszeichnete, indem zu Carlsruhe der Unterschied zwischen dem Maximum im Februar und dem Minimum im December nicht weniger als 26,12 par. Lin. betrug. Ebendieses Jahr gab den gröſsten Unterschied seit 18 Jahren hier in Heidelberg, nämlich auf 10° R. reducirt 344,98 L. am 6. Febr. und 318,64 L. am 25. Dec., mithin eine Differenz von 26,34 par. Lin. Endlich geht aus der Zusammenstellung noch so viel wohl mit Sicherheit hervor, daſs die Gröſse dieser Oscillationen unter höheren Breiten wieder abnimmt, wie es denn auch wahrscheinlich wird, daſs sie an denjenigen Küstengegenden sich vorzügsweise zeigt, wo das Barometer im Mittel am niedrigsten steht, woraus sich eine Bestätigung des oben (§. 44.) bereits aufgestellten Satzes hernehmen läſst, daſs eben die starken unregelmäſsigen Schwankungen den mittleren Barometerstand tiefer herabbringen, als er sonst den Breitengraden gemäſs seyn würde.

69) Die Zeiten dieser auſsergewöhnlichen Oscillationen sind wohl nicht leicht allgemein bestimmbar und hängen vermuthlich vom Wechsel der herrschenden Winde, namentlich der periodischen, vom Eintritte der Regenzeiten und von andern noch nicht genügend beobachteten, ebendaher aber noch gar nicht aufgefundenen Bedingungen ab. Inzwischen läſst sich als Regel annehmen, daſs die auſsergewöhnlichen Maxima und Minima nahe bei einander zu fallen pflegen, was auch wohl in der Natur der Sache gegründet ist, sofern sie durch den Wechsel einer auſserordentlichen Ebbe und Fluth im Luftoceane erzeugt werden. Eisenlohr[1] folgert dieses aus seinen Untersuchungen der 41 Jahre hindurch zu Carlsruhe aufgezeichneten Barometerstände und ebenso sank zu Isle de France das Barometer von 30 engl. Z. am 21. Januar 1833 auf 28,94 engl. Z., am 22. Januar[2] zu Prag aber stieg dasselbe von 27 Z. 0,44 par. Lin. am 15. Jan. 1828 bis 28 Z. 3,39 Lin. am 18ten desselben Monats[3]. Auf der nördlichen Halbkugel fallen die Maxima meistens in die Wintermonate, vermuthlich wegen der dann vorherrschenden nördlichen Winde,

1 Ueber das Klima und die Witterungsverhältnisse von Carlsruhe. S. 37.

2 Sykes in Philos. Trans. 1835. p. 174.

3 Wiener Zeitschrift. Th. IV. S. 47.

und die Minima müfsten dann dem Sommer angehören. Diese Regel findet Sykes[1] in Ostindien bewährt, denn zu Puhna fiel sowohl das absolute Maximum, als auch das monatliche in den Januar, ersteres mit 28,242 engl. Zoll, letzteres mit 28,087 engl. Zoll, die beiden Minima dagegen, 27,570 und 27,766 engl. Zoll, fielen in den Juli. Er ist nicht geneigt, dieses für eine Folge der Feuchtigkeit zu halten, denn dieselbe Regel findet auch zu Madras statt, wo dann die gröfste Hitze mit gröfster Trockenheit vereint herrscht. Dort fällt das Maximum in den December oder Januar, und ebenso zu Calcutta, wo die gröfste Höhe im Januar 30,0225, die geringste im Juni 29,5155 engl. Zoll betrug. Auf der südlichen Halbkugel scheint der Fall umgekehrt zu seyn, denn Boussingault[2] erhielt zu Bogota im December 560,13 und im Januar 560,45 Millim., dagegen im Juni 561,24 und im Juli 561,34 Millimeter. Unter höhern Breiten scheint das absolute Maximum sowohl, als auch das Minimum in den Winter zu fallen, mindestens geht dieses unverkennbar aus den Beobachtungen zu Carlsruhe (41 Jahre) und zu Strafsburg (32 Jahre) hervor[3]. Am ersteren Orte fiel eines dieser Extreme nur fünfmal vor dem November oder nach dem März, am letzteren aber fiel das Maximum 10mal in den Januar, 9mal in den December, 6mal in den Februar, 3mal in den März, 2mal in den November und einmal in den April und Mai; das Minimum aber fiel 8mal in den Januar, 6mal in den December, 5mal in den Februar, 4mal in den März und November, 3mal in den October und 2mal in den April.

70) Ungleich wichtiger ist es, nach der Art, wie die späteren Meteorologen und namentlich Kämtz gethan haben, die monatlichen Mittel zusammenzustellen und aus deren Unterschieden auf allgemeine Ursachen zu schliefsen. Hieraus ergiebt sich dann sofort, dafs die sogenannten unregelmäfsigen Schwankungen allerdings gewisse Gesetze befolgen, welche jedoch mit den regelmäfsigen und unregelmäfsigen Luftströmungen, den Graden der Feuchtigkeit und der Menge der Hydrometeore innigst zusammenhängen. Sofern aber die herr-

1 Philos. Trans. 1835. p. 174.
2 Von Humboldt Relat. hist. T. VI. P. II. p. 743.
3 Eisenlohr a. a. O. und Poggendorff Ann. XXXV. 144.

schenden Winde hierbei am meisten bedingend sind, für deren Wechsel noch kein allgemeines Gesetz aufgefunden worden ist, weswegen auch nasse und trockne, kalte und warme Jahre und Jahreszeiten regellos folgen, wird es uns vorerst noch unmöglich bleiben, allgemeine Gesetze für die unregelmäſsigen Oscillationen aufzufinden, aus denen sich der Gang der Witterung im voraus bestimmen lieſse, und wir müssen uns vor der Hand begnügen, aus den vorhandenen Thatsachen diejenigen partiellen Regeln aufzufinden, die sich als herrschend erkennen lassen.

71) Vor allen Dingen hat L. v. Buch[1] ein Gesetz, welches schon v. Humboldt[2] aus den Beobachtungen von Boussingault zu Sta. Fé de Bogota folgerte, aus einer Reihe von Barometerständen unter verschiedenen Graden der Breite und der Länge als ein allgemeines begründet, daſs nämlich die Barometerstände regelmäſsig vom Winter zum Sommer abnehmen. Der hiernach statt findende Unterschied der monatlichen Mittel ist am gröſsten in der tropischen Zone und verschwindet nicht allmälig, sondern plötzlich, wodurch sich dann der Anfang der temperirten Zone kenntlich macht. Hiernach setzt er zwischen die tropische und temperirte Zone eine mittlere, von ihm *subtropische* genannt, deren Grenze gegen den Aequator hin das Aufhören der tropischen Regen, gegen die Pole das Verschwinden des Unterschieds der mittleren Barometerstände zwischen Winter und Sommer bezeichnet. Dieses giebt für die nördliche Halbkugel etwa den 20sten und den 32sten Grad N. B., also gerade denjenigen District, welchem der Dattelbaum zugehört, indem dieser beide Grenzen nicht überschreitet; für die südliche Hemisphäre annähernd den 23sten und 34sten Grad S. B., was jedoch aus Mangel an genügenden Beobachtungen nicht so genau bestimmbar ist. Kämtz[3] verfolgt diese Ansicht weiter und zeigt, daſs die dem Einflusse der Sonnenstrahlen mehr ausgesetzte und daher stärker erwärmte Luftmasse sich heben und somit abflieſsen müsse. Merkwürdig bleibt es allerdings, daſs eine gewisse nach den Jahreszeiten wechselnde Periodicität der mittleren Barometer-

---

1 Poggendorff Ann. XV. 355.
2 Relation historique T. X. p. 448.
3 Meteorologie. Th. II. S. 297.

stände über die ganze Erde unverkennbar hervortritt, jedoch mit gröfserer Erhebung über die Meeresfläche wieder verschwindet. Um die so eben angegebene kenntlicher zu machen und deutlicher zu zeigen, wie mit zunehmender Breite der Unterschied des höheren mittleren Standes im Winter gegen den im Sommer (mit Rücksicht darauf, dafs beide Hemisphären der Erde einander in dieser Beziehung entgegengesetzt sind) zuerst abnehme und dann in das Entgegengesetzte übergehe, hat Kämtz eine durch L. v. Buch mitgetheilte Tabelle mit einigen Abänderungen wiedergegeben, in welcher die Differenzen die Gröfse in par. Lin. bezeichnen, um welche der mittlere Barometerstand in den drei Wintermonaten gröfser ist, als in den drei Sommermonaten, die also negativ werden, wenn das Umgekehrte statt findet. Ich theile diese hier mit, vermehrt um die zu Strafsburg, Melville, Felix Harbour und an einigen andern Orten gefundenen Gröfsen, und bemerke zugleich, dafs nach den kurz dauernden Beobachtungen von Fuss[1] zu Peking unter 39° 54′ N. B. das Barometer im Winter höher stand, gegen den Sommer aber eine Neigung zum Sinken zeigte. Vorzügliche Beachtung verdienen die Beobachtungen, welche unter der Leitung des Sir Thom. Brisbane[2] zu Neuholland und auf van Diemens-Land angestellt wurden, da wir von der südlichen Halbkugel bei weitem nicht so vollständige Kenntnisse besitzen, als von der nördlichen. Zuerst ergeben die ein ganzes Jahr umfassenden monatlichen Mittel zu Port Macquarie unter 31° 26′ S. B. und 207° 3′ W. L. von G. eine so regelmäfsige Zunahme des Barometerstandes in dem dortigen Winter und so entschieden nur einen einzigen Wechsel des Maximums und Minimums, dafs ich es der Mühe werth halte, die ganze Reihe der Vormittagsbeobachtungen herzusetzen.

Januar .	29″,966	Mai . .	30″,036	Sept. . .	29″,830
Februar .	30,002	Juni . .	30,016	October .	29,870
März . .	30,000	Juli . .	30,059	November	29,969
April . .	30,081	August .	30,085	December	29,874

1 Mém. de Petersbourg. VIme Sér. T. III.

2 J. Oltmanns astronomische und hypsometrische Grundlagen der Erdbeschreibung. Stuttg. 1831. S. 97.

Hier erreichte also das Barometer in 6 Monaten die Höhe von 30 Zoll, in 6 andern aber blieb es unter diesen. Eine zweite Reihe von Beobachtungen, welche im Macquarie-Hafen unter 42° 12′ S. B. und 214° 39′ westl. L. von Greenwich, jedoch nur in den Monaten Juni 1822 bis Januar 1823 angestellt wurden, geben das nämliche Gesetz zu erkennen, indem blofs im Monat Juni das Barometer 30 Zoll erreichte und zwar genauer aus 5 Tagen im Mittel 30″,090, wogegen das Minimum in den October mit einem Mittel von 29″,374 aus 23 Tagen fiel. Die folgende Tabelle giebt eine Uebersicht dieser Thatsachen.

Ort	Breite	Höhe Tois.	Differenz	Zeit der Beobachtungen
Port Macquarie	31° 26′ S.	— —	1″,27	1 Jahr
Capstadt	23 15 —	— —	1,97	9 Jahre
Rio Janeiro . .	22 15 —	— —	3,36	1 Jahr
Sta Fé de Bogota	4 36 N.	1366	— 0,39	1 Jahr
Seringapatam .	12 25 —	377	2,02	1 Jahr
Bangalore . . .	12 55 —	500	— 1,72	1 Jahr
Madras . . .	13 5 —	— —	2,36	21 Jahre
Calcutta . . .	22 40 —	— —	4,72	8 Jahre
Macao	22 50 —	— —	4,50	1 Jahr
Havanna . . .	23 8 —	— —	1,09	3 Jahre
Benares . . .	25 18 —	— —	5,75	4 Jahre
Khatmandu . .	27 42 —	726	2,66	10 Monate
Cairo	30 2 —	— —	3,57	11 Monate
Natchez . . .	31 20 —	— —	1,76	5 Jahre
Palermo . . .	38 5 —	— —	— 0,34	20 Jahre
Washington[1] .	40 12 —	— —	0.179	4 Jahre
Rom	41 59 —	— —	— 1,29	7 Jahre
Marseille . . .	43 18 —	— —	— 1,73	7 Jahre
Padua	45 28 —	— —	— 0,68	7 Jahre
Strafsburg . .	48 35 —	— —	— 0,16	32 Jahre
Copenhagen . .	55 41 —	— —	— 1,66	7 Jahre
Felix Harbour .	70 0 —	— —	— 0,015	2,5 Jahre
Port Bowen . .	73 30 —	— —	0,053	18 Monate
Melville . . .	74 00 —	— —	0,436	10 Monate

Dafs das Gesetz unter denjenigen Breiten wieder ein umgekehrtes wird, wo auch die täglichen Oscillationen einen entgegengesetzten Charakter annehmen, hat allerdings etwas Auf-

1 Trans. of the Amer. Phil. Soc. New Ser. T. II. p. 432.

fallendes. Können die hier beigebrachten Thatsachen als hinlänglich beweisend gelten, so folgte hieraus als allgemeines Gesetz, daſs unter der tropischen und subtropischen Zone das Barometer im Winter höher stehe als im Sommer, daſs in der temperirten Zone das umgekehrte Verhalten statt finde, in der polarischen aber, die jedoch erst über den 70sten Breitengrad hinaus anfängt, die ursprüngliche Regel wieder zum Vorschein komme. Da die Barometerschwankungen offenbar mit den Luftströmungen zusammenhängen und diese wieder von der ungleichen Erwärmung und dem ungleichen Feuchtigkeitszustande der verschiedenen Luftschichten bedingt werden, so könnte man als Ursache hiervon angeben, daſs in der tropischen und subtropischen Zone die wechselnden Luftströmungen ein regelmäſsiges Gesetz befolgen, welches jedoch durch die öftere Mengung warmer und kalter Luftmassen in der temperirten Zone umgekehrt wird, in der polarischen aber sich wieder kenntlich macht, weil diese Mengungen bis dahin nicht reichen. Temperatur und Feuchtigkeitszustand der Luft wären sonach die Bedingungen, von denen die Barometerschwankungen abhängen.

72) Kämtz hat bereits aus eilfjährigen Pariser und vierzehnjährigen Straſsburger Beobachtungen gefolgert, daſs es daselbst einen doppelten jährlichen Wechsel der höhern und niedern Barometerstände gebe. Nach dem Ueberblicke der Barometerstände in den einzelnen Monaten an verschiedenen Orten der temperirten und kalten Zone scheint mir dieses ein allgemeines Gesetz zu seyn, was sich selbst bis zur tropischen Zone hin, jedoch minder auffallend, erstreckt. Im Mittel möchte ich annehmen, daſs die beiden Maxima in den Februar und September fallen, so wie aber der Wechsel der Jahreszeiten hinsichtlich der Temperatur verschieden ist, indem die Winterzeit zuweilen schon im October, zuweilen aber erst am Ende des December eintritt, und ebenso das Beginnen des Frühlings um den Unterschied von einigen Monaten schwankt, entfernen sich die beiden Maxima von diesen Normalpuncten nach der einen und der andern Seite, weswegen nur lange anhaltende Beobachtungen sie kenntlich machen können. Zur Erläuterung setze ich die Pariser Beobachtungen von den Jahren 1816 bis 1826 her.

Januar .	335''',86	Mai . .	334''',52	Sept. . .	335''',14
Februar .	335,83	Juni . .	335,40	October .	334,30
März . .	334,96	Juli . .	335,09	November	334,86
April . .	334,49	August .	335,15	December	334,60

Hier sind allerdings die beiden Perioden nicht sehr auffallend, es scheint mir jedoch ein um so gültigerer Beweis ihres Vorhandenseyns gerade in dem Umstande zu liegen, dafs sie bei Beobachtungen an dem nämlichen Orte zum Vorschein kommen, wenn diese einen hinlänglich langen Zeitraum umfassen. Hierzu können am besten die ohnehin sehr genauen Strafsburger dienen. Aus diesen, 15 Jahre von 1806 bis 1820 umfassenden, giebt Kämtz folgende Mittelwerthe.

Januar .	333''',128	Mai .	332''',516	Sept. .	333''',633
Februar .	333,452	Juni . .	333,416	October .	332,981
März . .	332,905	Juli . .	333,168	November	332,866
April . .	332,449	August .	333,352	December	332,700

Allerdings sind hierin die beiden Perioden kenntlich, allein noch ungleich deutlicher kommen sie in den mittleren Werthen zum Vorschein, welche Dr. Eisenlohr aus denen gefunden hat, welche 32 Jahre umfassen.

Januar	333''',1939	Mai .	332''',6868	Sept.	333''',6244
Februar	333,5541	Juni . .	333,4294	October	333,2774
März .	332,9992	Juli . .	333,2027	Novemb.	333,0433
April .	332,4463	August	333,3750	Decemb.	332,7842

Es sind mir übrigens für jetzt keine Barometerbeobachtungen bekannt, aus denen diese doppelte Periode deutlicher hervorgeht, als die in den Jahren 1831, 1832 und 1833 zu Petersburg mit einem vortrefflichen Barometer von Girgensohn angestellten, die ich daher auf 14° R. reducirt übersichtlich zusammenstelle[1].

---

1 Mém. de Petersburg. VIme. Sér. T. III.

Monat	1831	1832	1833	Mittel
Januar . .	27,946	28,103	28,216	28,0883
Februar .	28,219	28,417	28,089	28,2416
März . .	28,334	28,178	28,286	28,2660
April . .	28,133	28,220	28,053	28,1353
Mai . .	28,126	27,986	28,110	28,0740
Juni . .	28,028	28,090	28,102	28,0733
Juli . .	28,152	27,846	27,963	27,9870
August .	28,020	28,115	27,770	27,9683
September	28,134	27,928	28,418	28,1600
October .	28,242	28,241	28,326	28,2696
November	28,030	28,006	27,913	28,1163
December	28,171	28,256	27,803	28,0763
Mittel . .	28,125	28,149	28,088	28,1216

Ordnen wir diese Gröfsen nach den Jahreszeiten, so erhalten wir für den Winter 28,1354, für den Frühling 28,1584, für den Sommer 28,0095 und für den Herbst 28,1819. Die doppelte Oscillation ist sogar in den einzelnen Jahren sichtbar, noch deutlicher in den mittleren Werthen, indem das erste Maximum im März durch ein Minimum zum zweiten Maximum im October übergeht. An andern Orten stellen sich jedoch die zwei Maxima und Minima nicht auf gleiche Weise deutlich heraus; denn obgleich sie sich auffinden lassen, so liegen sie doch in zu ungleichen Entfernungen von einander, als dafs man sie nicht für zufällig halten sollte. Dieses ist der Fall bei den Beobachtungen, die zu Kasan und Slatoust angestellt und durch Kupffer[1] mitgetheilt worden sind, bei denen sich übrigens der Unterschied der Jahreszeiten gleichfalls zeigt. Es war nämlich zu Kasan der mittlere Barometerstand im Winter 335,3969, im Frühling 334,5996, im Sommer 332,6939 und im Herbst 335,3969 par. Lin. Hier ist also im Sommer ein auffallendes Minimum, dagegen das Maximum im Herbst und im Winter, oder genauer ist nur ein auffallendes Minimum im Juli von 331,0083 und ein ebenso auffallendes Maximum im November von 337,9239 par. Lin. vorhanden, welchem letzteren Maximum ein anderes im Februar von 337,5253 par. Lin. nahe kommt. Zu Slatoust war der mittlere Barometerstand im Winter 321,2119, im Frühling 320,2363, im Sommer 319,1279 und im Herbst 322,0103 par. Lin. und ebenso

1 Poggendorff Ann. XVII. 499.

das Minimum im Juli von 317,7103 und das Maximum im November von 324,8909 par. Lin., welchem gleichfalls ein zweites Maximum im Februar von 322,4976 par. Lin. nahe kommt.

Die Verrückung dieser Perioden in den verschiedenen Jahren oder ihr Schwanken um den bestimmten Termin ist mir vorzüglich bei den von Ross zu Felix-Harbour angestellten Beobachtungen aufgefallen, welche ich daher hier in engl. Zollen nebeneinander stelle.

Monat	1829	1830	1831	1832
Januar . .	....	29,692	30,129	29,648
Februar .	....	30,116	29,972	29,852
März . .	....	30,015	29,903	29,968
April . .	....	29,997	29,977	30,004
Mai . . .	....	30,242	30,040	....
Juni . . .	....	30,105	29,942	....
Juli . . .	....	29,859	29,920	....
August .	....	29,854	29,860	....
September	....	29,834	29,815	....
October .	....	29,886	30,028	....
November	29,682	30,027	30,125	....
December	29,896	30,083	29,777	....

73) Insofern aus der hier mitgetheilten Uebersicht ein in verschiedenen Jahren verschiedenes Verhalten an einem und demselben Orte deutlich hervorgeht, so bin ich nicht geneigt, eine der Zunahme östlicher Länge zugehörige Vermehrung der Differenz des Barometerstandes im Sommer und im Winter anzunehmen, wie Schübler[1] aus einer Vergleichung der Barometerhöhen in den Jahren 1826 und 1827 zu Paris, Genf, Stuttgart und Wien folgert. Dagegen ist ein Zusammenhang zwischen dem Wechsel der Temperatur und der Barometerhöhen keinen Augenblick zweifelhaft, insofern eine Erhöhung der der jedesmaligen Jahreszeit zugehörigen Temperatur von einem Sinken des Barometers begleitet zu seyn pflegt. Kämtz[2] erwähnt, dafs schon ältere Physiker dieses beachteten und namentlich Mairan[3] es ausführlich untersuchte. Später sprach

1 Correspondenzblatt des würtemb. landwirthsch. Vereins. Th. XII. S. 70. XIII. S. 341.

2 Meteorologie. Bd. II. S. 310.

3 De Lüc Recherch. sur les mod. de l'atmosph. T. I. p. 170.

L. v. Buch[1] den Satz aus, das Barometer könne uns ebenso gut über das Klima eines Ortes belehren, als das Thermometer, Dove[2] wies den Zusammenhang der Anzeigen beider Apparate gründlich nach, und im Wesentlichen ist die Sache unverkennbar, wenn gleich der von Kämtz gewählte Ausdruck, wonach

$$B' = B \frac{1}{1 + 0{,}00375\,t'}$$

seyn soll, worin B' den corrigirten, B den mittleren Barometerstand, t' den Unterschied der Temperatur von der, der jedesmaligen Zeit zugehörigen, mittleren bezeichnet, nur genäherte Werthe geben kann[3]. Vor allen andern dienen die aus den Barometerbeobachtungen zu Kasan und Slatoust entnommenen Resultate zum auffallendsten Beweise des Zusammenhanges zwischen den Barometerständen und den Temperaturen; denn nicht leicht ist an irgend einem andern Orte der Unterschied der Wärme im Sommer und der Kälte im Winter so grofs als dort, und ebendaselbst ist auch die Differenz der Barometerstände am gröfsten; ja man sieht, wie mit dem Eintritte der gröfsten Kälte im November und Februar ebenso regelmäfsig das Maximum des Barometerstandes zusammenhängt, als das Minimum des letzteren mit der gröfsten Hitze im Juli.

74) Inzwischen ist der Einflufs der Temperatur kein unmittelbarer, sondern ein mittelbarer, insofern sie selbst wieder als eine Folge der eigenthümlichen Luftströmungen erscheint, die sich in den herrschenden Winden nur zum Theil kenntlich machen. Ohne hier auf die möglichen Entstehungsarten der Winde, ihren regelmäfsigen und regellosen Wechsel und sonstige Untersuchungen einzugehn, die einem andern Orte vorbehalten bleiben, darf wohl in voraus angenommen werden, dafs alle meteorologische Phänomene durch die Luftströmungen bedingt werden, die insofern statt finden, als die leichtere Luft über erwärmten Stellen aufsteigt, die sie be-

---

1 G. V. 14.

2 Poggendorff Ann. XIII. 613.

3 Man ersieht hieraus, was Ramond Mém. de l'Inst. 1818. p. 126. meint, wenn er sagt: on peut dire, que le baromètre est plus thermomètre que le thermomètre même.

grenzende dichtere eindringen läfst und dann oben abfliefst. Diese regelmäfsige Strömung, die zum Theil in den Passatwinden kenntlich wird, unterliegt jedoch mannigfaltigen Modificationen, welche in der temperirten Zone ihren Einflufs wohl vorzüglich äufsern, so dafs ein vorwaltendes Gesetz kaum mehr zu erkennen ist, indem aufser dieser bedeutendsten noch eine Menge anderer, meistens zwar über weite Länderstrecken verbreiteten, dennoch aber nur partieller Fluthungen statt findet. Sie zeigen sich keineswegs blofs in den Bewegungen derjenigen Luftschichten, welche die Oberfläche der Erde berühren, und die von den Meteorologen meistens nur als herrschende Winde beachtet werden, obgleich sie sogar in mäfsigen Entfernungen durch örtliche Bedingungen bedeutende Veränderungen ihrer Richtung und selbst ihrer Stärke erleiden, sondern äufsern ihren Einflufs hauptsächlich auch durch ihr Vorhandenseyn in den höhern Regionen, wo so häufig unerwartet Trübungen entstehn und Wolkenbildungen statt finden, die sich nicht selten durch eine Verminderung des Luftdruckes und ein Sinken des Quecksilbers im Barometer schon in voraus ankündigen. Bleiben wir indefs nur bei den uns kenntlich werdenden Luftströmungen, den Winden, stehn, so geht deren bedeutender Einflufs auf die gesammte Witterung, und somit auch auf die Oscillationen des Barometers, wohl aus keiner Sache so augenfällig hervor, als aus dem Resultate der neuesten Untersuchungen des Dr. Eisenlohr, wonach sogar die durch den Mond verursachten Hebungen und Senkungen des Quecksilbers im Barometer mit der Richtung der Winde im Zusammenhange stehn. Hierdurch wird dieses letztere räthselhafte Problem zwar noch dunkler, inzwischen geht damit zugleich ein schwacher Schimmer der Hoffnung auf, auch hierfür vielleicht ein allgemeines Gesetz aufzufinden.

75) Der *Einflufs der Winde* auf die Oscillationen des Barometers ist bereits[1] erwähnt worden und dabei das Verdienst hervorgehoben, welches L. v. Buch sich dadurch erwarb, dafs er die Aufmerksamkeit der Physiker auf diesen Gegenstand vorzüglich richtete. Seitdem hat Kämtz[2] diese Aufgabe gründ-

---

1 S. Art. *Barometer*. Bd. I. S. 935.

2 Meteorologie. Th. II. S. 313.

lich erörtert und gezeigt, dafs LAMBERT[1] schon im J. 1771 empfahl, die mittleren Barometerstände bei einzelnen Winden aufzusuchen, um auf diese Weise sicherer zu einem allgemeinen Resultate zu gelangen. Auch KIRWAN[2] kannte bereits den Einflufs der Winde und der Wärme auf die Höhe des Barometerstandes und hat diesen in Beziehung auf beide durch eine Menge von Beispielen dargethan. Insofern die barometrischen Oscillationen so sehr unter dem Einflusse der Windrichtungen stehn, dafs man die letzteren aus den ersteren weit besser, als aus gewöhnlichen Windfahnen erkennen kann, die nicht selten durch örtliche Einflüsse bedingt werden, nannte L. v. BUCH die durch die veränderliche Höhe der Quecksilbersäule im Barometer beschriebenen Curven *barometrische Windrosen.* Später erkannte DOVE[3] aus eigenen Beobachtungen den innigen Zusammenhang beider Phänomene, untersuchte das Problem gründlich und theilte die Resultate in einer sehr belehrenden Abhandlung mit. Da der Wind nach seiner verschiedenen Richtung einen ganzen Kreis durchläuft, diese also durch Functionen des Kreises ausgedrückt werden kann und die Aenderung der Windrichtung, wie man schon seit BACO's Aeufserung hierüber allgemein anzunehmen pflegte, mit dem Laufe der Sonne in der Regel zusammenfallen soll, so geht man von Nord = 0 aus durch Ost, Süd u. s. w., bezeichnet W für N durch 0, für NO durch 1, für O durch 2 u. s. w. und entfernt die Anomalieen der einzelnen Beobachtungen durch Anwendung der oben bereits angegebenen Interpolationsformel, um den einem jeden Winde zugehörigen Barometerstand genauer aufzufinden. Heifst demnach B die mittlere Barometerhöhe, B_w die einem gewissen Winde zugehörige, so findet man diese durch den Ausdruck

$$B_w = B + u\,\text{Sin.}\left(w\frac{2\pi}{n} + v\right) + u'\,\text{Sin.}\left(w\frac{4\pi}{n} + v'\right) + \ldots,$$

und da es genügt, bei den beiden letzteren Gliedern der Gleichung stehn zu bleiben, so erhält man

$$B_w = B + u(w\,45^\circ + v) + u'\,\text{Sin.}(w\,90^\circ + v'),$$

worin u und u', v und v' Constanten sind, deren genauester

1 Deutscher gelehrter Briefwechsel. Th. IV. S. 107.
2 Journ. de Phys. T. XXXIX. p. 100.
3 Poggendorff Ann. XI. 545.

Mittelwerth aus den gegebenen Beobachtungen aufgefunden wird. Zur Bestimmung der Maxima und Minima hat man demnächst auf gleiche Weise

$$\frac{d.B_w}{dw} = 0 = u \,\text{Cos.}(w\,45^\circ + v) + 2u' \,\text{Cos.}(w\,90^\circ + v').$$

Bezeichnet man die den 8 Winden zugehörigen beobachteten mittleren Barometerhöhen durch 0, 1, 2, ...7, so erhält man nach der von Bessel[1] gefundenen Interpolationsformel

$$B = \frac{0+1+2+3+4+5+6+7}{8},$$

wofür man unbedenklich den mittleren Barometerstand setzen kann; zur Auffindung der Constanten dienen aber folgende Gleichungen

$$u \,\text{Sin.} v = \tfrac{1}{4}[0-4+(1-3-5+7)\,\text{Sin.}\,45^\circ]$$
$$u \,\text{Cos.} v = \tfrac{1}{4}[2-6+(1+3-5-7)\,\text{Cos.}\,45^\circ]$$
$$u' \,\text{Sin.} v' = \tfrac{1}{4}(0-2+4-6)$$
$$u' \,\text{Cos.} v' = \tfrac{1}{4}(1-3+5-7).$$

Wollte man die Rechnung für 16 Winde führen und bei den beiden ersten Gliedern stehn bleiben, so wäre der allgemeine Ausdruck:

$$B_w = B + u \,\text{Sin.}(w\,22^\circ\,30' + v) + u' \,\text{Sin.}(w\,45^\circ + v')$$

und für die Maxima und Minima

$$\frac{d.B_w}{dw} = 0 = u \,\text{Cos.}(w\,22^\circ\,30' + v) + 2u' \,\text{Cos.}(w\,45^\circ + v'),$$

die Bedingungsgleichungen wären dann, wenn man auch B suchen wollte,

$$B = \frac{0+1+2+3+\ldots\ldots 15}{16}.$$

$$u \,\text{Sin.} v = \tfrac{1}{8}[0-8+(1-7-9+15)\,\text{Cos.}\,22^\circ 30'$$
$$+(2-6-10+14)\,\text{Cos.}\,45^\circ + (3-5-11-13)\,\text{Cos.}\,67^\circ 30']$$
$$u \,\text{Cos.} v = \tfrac{1}{8}[4-12+(1+7-9-15)\,\text{Cos.}\,67^\circ 30'$$
$$+(2+6-10-14)\,\text{Cos.}\,45^\circ + (3+5-11-13)\,\text{Cos.}\,22^\circ 30']$$
$$u' \,\text{Sin.} v' = \tfrac{1}{8}[0-4+8-12$$
$$+(1-3-5+7+9-11-13+15)\,\text{Cos.}\,45^\circ]$$
$$u' \,\text{Cos.} v' = \tfrac{1}{8}[2-6+10-14$$
$$+(1+3-5-7+9+11-13-15)\,\text{Cos.}\,45^\circ]$$

---

1 Astronomische Beobachtungen u. s. w. Th. I. S. 9. Die Art der Rechnung ist die nämliche, welche oben §. 30. zur Auffindung der Stunden, denen gewisse Barometerhöhen zugehören, angegeben wurde. Es wird jetzt allgemein Gebrauch davon gemacht.

76) Kämtz hat zur Bezeichnung des Zusammenhanges zwischen Barometerhöhen und Windrichtungen folgende Uebersicht gegeben, in welcher ich statt der bereits mitgetheilten Berliner die Carlsruher setze.

Wind	London[1]	Middelburg[2]	Hamburg[3]	Kopenhagen[4]	Apenrade[5]	Paris[6]
N	336''',55	338''',05	336''',4	338''',91	336''',16	336''',50
NO	7,22	7,67	6,8	9,18	7,15	6,68
O	6,43	7,58	6,3	8,54	6,69	5,68
SO	5,50	5,57	6,2	6,64	7,14	4,26
S	4,41	3,93	4,9	6,70	4,25	3,87
SW	4,80	4,45	4,5	6,51	5,16	4,03
W	5,70	6,05	5,5	7,38	6,24	4,94
NW	6,03	6,48	6,2	8,45	6,45	5,92
Mittel	5,83	6,22	5,9	7,91	5,92	5,23

Wind	Minden[7]	Carlsruhe[8]	Wien[9]	Ofen[10]	Moskau[11]	Stockholm[12]
N	336''',97	334''',75	332''',43	329''',81	329''',40	335''',98
NO	7,07	4,95	2,09	30,29	30,28	6,41
O	6,83	4,57	0,60	29,48	29,77	5,71
SO	5,35	3,51	1,72	30,62	28,81	4,57
S	4,54	2,74	1,47	28,87	28,32	4,20
SW	4,81	3,52	0,65	28,27	28,19	4,30
W	5,39	3,96	0,63	29,24	28,51	5,15
NW	6,97	4,54	2,10	29,70	28,82	5,38
Mittel	5,99	4,12	1,49	29,49	29,01	5,21

1 Beob. von 1776 bis 1781 und 1787 bis 89 in Phil. Trans.

2 Beob. von de Perre, berechnet durch L. v. Buch. Berl. Abh. 1818. S. 107.

3 Buek in: Hamburgs Klima. S. 68.

4 Schouw Klimatologie. Hft. 1. S. 88.

5 Beobachtungen von Neuber ebend. S. 91.

6 Beob von Bouvard nach Dove in Poggendorff Ann. XI. 545. Vergl. Edinburgh Journ. of Sc. N. XVII. p. 77.

7 Durch Prof. Hoffmann an Kämtz mitgetheilt.

8 Eisenlohr Unters. über das Klima u. d. Witterungsverhältnisse von Carlsruhe. S. 65.

9 Baumgartner Naturlehre. 3. Aufl. S. 715.

10 Beob. von Weiss nach L. v. Buch a. a. O.

11 Beob. von Engel und Stritter, berechnet von Kämtz.

12 Beob. von Nicander in Mannh. Ephem., berechnet von Kämtz.

Der Einflufs der Windrichtung auf den Stand des Barometers zeigte sich nach Nizze[1] auch in den funfzigjährigen Beobachtungen zu Bützow, indem NW, N, NO und O eine Abweichung über und SO, S, SW und W dagegen eine Abweichung unter das Mittel des Barometerstandes gaben.

Es zeigt sich also allgemein, dafs das Barometer bei südlichen und südwestl. Winden den niedrigsten, bei nördlichen und nordöstl. Winden den höchsten Stand hat, und sofern die höhere Temperatur dem niedrigern Barometerstande, die niedrigere aber dem höhern zugehört, mufs auch ein diesem entsprechender Zusammenhang zwischen der Wärme und den Windrichtungen statt finden. Einige Meteorologen sind daher geneigt, den Unterschied des Barometerstandes bei verschiedenen Winden vom Einflufs der Wärme ausschliefslich abzuleiten, wonach dann der niedrigste Barometerstand und die gröfste Wärme mit einer gewissen Richtung des Windes zusammenfallen, die Maxima der Barometerhöhen und die niedrigsten Temperaturen dagegen dieser gegenüber liegen müfsten; allein die Windrichtungen unterliegen nicht selten örtlichen Bedingungen, und namentlich ist der Umstand der Beachtung sehr werth, auf welchen Kämtz[2] aufmerksam gemacht hat, dafs nämlich das Barometer steigen mufs, wenn den an gewissen Orten im Allgemeinen vorherrschenden Luftströmungen andere entgegenfliefsen und dadurch eine Aufhäufung der Luftmassen bewirken. Aus ebendieser Ursache leitete schon früher L. v. Buch den ungewöhnlich hohen Barometerstand auf Teneriffa ab, wie bereits oben (§. 44.) erwähnt worden ist, und wir würden eine Erweiterung des dort aufgestellten allgemeinen Satzes erhalten, wenn wir annehmen wollten, dafs durch das Zusammenfallen örtlicher Luftströmungen mit der allgemeinen bereits herrschenden eine Wegführung der Luftmassen bei niedrigem Barometerstande, durch das Entgegenströmen beider dagegen eine Aufhäufung derselben bei hohem Barometerstande bewirkt werde.

77) Aus der oben (§. 66.) mitgetheilten Uebersicht ergiebt sich eine Zunahme der absoluten Maxima und Minima

1 Kastner Archiv. Th. VII. S. 253.
2 Meteorologie. Th. II. S. 319.

der Barometerschwankungen mit den Graden der Breite, und dafs ebendieses Gesetz rücksichtlich der mittleren monatlichen Oscillationen statt finde, hat Kämtz[1] durch eine aufserordentliche Menge von Beispielen erwiesen, die aus den verschiedensten Quellen mühsam zusammengetragen sind. Die tabellarische Zusammenstellung ist so interessant und für die Uebersicht der barometrischen Oscillationen an den verschiedenen Orten und unter zunehmenden Breiten so wichtig, dafs ich kein Bedenken trage, die Hauptresultate, um einige wenige vermehrt, hier aufzunehmen, wegen der Quellen jedoch zur Ersparung des Raumes auf das Werk selbst verweise. Die letzte Columne enthält die mittlere ganzjährliche Oscillation in par. Linien.

Orte	Breite	Länge v. G.	Höhe in T.	Oscillat.
Batavia . . .	6° 12′ S.	106° 54′ O.	0	1,32
Tivoli (Domingo)	18 35 N.	70 0 W.	0	1,82
Sierra Leone . .	8 30 —	12 30 —	0	1,97
Martinique . .	15 40 —	61 0 —	0	2,29
Seringapatam . .	12 45 —	76 51 O.	400	2,45
Mexico . . .	19 26 —	99 5 W.	1168	2,79
Havannah . . .	23 9 —	82 23 —	0	2,84
Calcutta . . .	22 34 —	88 29 O.	0	3,35
Rio Janeiro[2] . .	22 54 S.	42 39 W.	4	3,43
Puhna[3] . . .	18 00 N.	. . . . —	300	3,61
Teneriffa . . .	28 28 —	16 16 O.	0	3,76
Aleppo	36 11 —	36 50 —	- -	4,03
Cairo	30 2 —	31 19 —	0	4,10
Funchal (Madeira)	32 37 —	16 55 W.	0	4,62
Bagdad	33 20 —	44 25 O.	0	4,64
Capstadt . . .	33 55 S.	18 24 —	0	5,52
Heidelberg . .	49 24 N.	8 41 W.	55	6,44
Felix Harbour[4] .	69 59 —	92 0 W.	0	6,69
Charlestown . .	32 50 —	80 10 W.	0	6,99
Mont Louis . .	42 50 —	2 5 O.	- -	7,02
Peking	39 64 —	116 28 —	0	7,38
Oleron	43 10 —	0 40 W.	- -	7,44
Paramatta . . .	33 49 S.	151 1 O.	0	7,50

1 Meteorologie. Th. II. S. 333.
2 Eschwege Journal von Brasilien. Heft I. S. 149.
3 Sykes in Phil. Trans. 1835. p. 167.
4 Ross Narrative of a second Voyage. Appendix.

Orte	Breite	Länge v. G.	Höhe in T.	Oscillat.
Lausanne . . .	46°31'N.	6°45'O.	255	7,57
Rom	41 54—	12 28—	0	7,60
Marseille . . .	43 18—	5 22—	0	7,84
St. Gotthardt .	46 0—	8 35—	1073	7,96
Montpellier . .	43 36—	3 53—	0	7,99
Turin	45 4—	7 35—	123	8,02
Mantua . . .	45 9—	10 48—	---	8,04
Mailand . . .	45 28—	9 12—	66	8,34
Pyschminsk . .	57 0—	78 50—	---	8,42
Mezin	44 6—	0 10W.	---	8,43
Arles	43 41—	4 38O.	---	8,44
Unalaschka[1] . .	57 ——	167 40W.	---	8,44
Dijon	47 19—	5 2O.	143	8,48
Bourbonne les Bains	46 35—	1 26W.	---	8,51
Dax	43 42—	1 3W.	---	8,52
Ofen	47 30—	19 3O.	---	8,83
Padua	45 24—	11 53—	0	8,87
Cüsset (Bourbonnais)	46 36—	3 25—	---	8,91
St. Maurice . .	46 30—	1 0—	295	8,98
Augsburg . . .	48 22—	10 54—	244	9,01
Wien	48 13—	16 23—	160	9,10
Mühlhausen . .	47 49—	7 10—	---	9,15
Metz	49 7—	6 10—	75	9,22
München . . .	48 8—	10 34—	276	9,26
Troyes . . .	48 18—	4 5—	---	9,52
Prag	50 5—	14 25—	98	9,55
Bourdeaux . .	44 50—	0 34W.	0	9,61
Les-Efforts . .	46 47—	1 0O.	---	9,67
Kamyschin . .	50 5—	45 24—	---	9,69
Strafsburg[2] . .	48 35—	7 45—	71	9,72
Kinfouns Castle[3]	56 53—	.. ....	25	9,72
Chinon . . .	47 21—	0 30—	---	9,74
Regensburg . .	49 1—	12 2—	197	9,76
Poitiers . . .	46 35—	0 21—	---	9,95
Montargis . . .	47 42—	3 35—	---	9,98
Breslau . . .	51 7—	17 2—	67	10,08
Carlsruhe[4] . .	49 1—	8 24—	55	10,06
Laigle	48 54—	2 10—	---	10,12
Nantes	47 13—	1 33W.	0	10,16
Hagenau . . .	48 49—	7 40O.	74	10,17

1 Kupffer in Poggendorff Ann. XXIII. 116.
2 Eisenlohr in Poggendorff Ann. XXXV. 144.
3 Edinb. New Phil. Journ. N. XXXII. p. 389.
4 Eisenlohr Klima u. Witterungsverhältnisse von Carlsruhe. S. 36.

Orte	Breite	Länge v. G.	Höhe in T.	Oscillat.
Montmorenci . .	49° 0′N.	2°19′W.	—	10,22
La Rochelle . .	46 9 —	1 10 —	0	10,27
Chartres . . .	48 27 —	1 29 O.	—	10,27
Arras	50 12 —	2 45 —	—	10,42
Paris	48 50 —	2 20 —	37	10,49
Mannheim . .	48 29 —	8 28 —	47	10,49
Vire	48 50 —	0 50 W.	0	10,51
Rouen	49 26 —	1 6 O.	—	10,63
Moskau . . .	55 46 —	37 33 —	60	10,74
Sagan	51 42 —	15 22 —	85	10,89
Leiden . . .	52 9 —	4 29 —	0	10,96
Cambray . . .	50 11 —	3 14 —	0	11,05
Fort Churchil . .	58 47 —	94 4 W.	0	11,09
Halle	51 29 —	11 58 O.	50	11,18
Berlin	52 31 —	13 22 —	18	11,19
Hamburg . . .	53 33 —	9 59 —	0	11,20
Newhaven . .	41 10 —	72 30 W.	0	11,21
Penzanze . . .	50 12 —	5 32 —	0	11,27
Brüssel . . .	50 51 —	4 22 O.	44	11,37
Cambridge . .	42 23 —	72 17 W.	0	11,37
Göttingen . .	51 32 —	9 55 O.	69	11,41
St. Malo . . .	48 39 —	2 1 W.	0	11,45
Jakuzk . . .	62 2 —	129 42 O.	45	11,49
Tomsk . . .	59 39 —	83 10 —	41	11,53
Sidmouth . . .	50 41 —	3 13 W.	—	11,63
Bristol	51 27 —	2 35 —	—	11,86
Haag	52 5 —	4 19 O.	0	11,95
Zwanenburg . .	52 20 —	4 52 —	0	12,08
Sparendam . .	52 20 —	5 0 —	0	12,10
Clunie (Pertshire)	56 35 —	— — —	29	12,16
Plymouth . .	50 22 —	4 8 W.	0	12,20
Dünkirchen . .	51 2 —	3 14 O.	0	12,26
Kopenhagen . .	55 41 —	12 34 —	0	12,31
London . . .	51 31 —	0 0 —	0	12,36
Franeker . . .	53 16 —	1 0 O.	0	12,38
Rotterdam . .	51 55 —	4 29 —	0	12,42
Warschau . .	52 14 —	21 3 —	—	12,47
Petersburg [1] . .	59 56 —	30 19 —	16	12,49
Kasan [2] . . .	55 44 —	49 35 —	20	12,50
Slatoust [2] . . .			187	12,51

1 Nach den genauen Beobachtungen in den Jahren 1831, 1832 u. 1833 war der höchste monatl. mittlere Stand im Sept. 1833 = 28,418 Z., der niedrigste im August 1833 = 27,77 Zoll, also betrug die Oscillation nur 7,776 Lin. S. Mém. de Petersb. VIme Sér. T. III. p. XV.

2 Kupffer in Poggendorff's Ann. XVII. 501.

Orte	Breite	Länge v. G.	Höhe in T.	Oscillat.
Gosport . . .	50° 48′ N.	1° 6′ W.	---	12,72
Amsterdam . .	52 22 —	4 53 O	0	12,73
Middelburg . .	51 30 —	3 37 —	12	12,85
Spydberg . . .	59 30 —	9 10 —	106	13,05
Upsala	59 52 —	17 39 —	---	13,10
Bützow[1] . . .	53 54 —	12 9 —	5	13,17
Torneö . . .	65 51 —	24 10 —	0	13,19
Leuwarden . .	53 12 —	1 40 —	0	13,22
Stockholm . .	59 21 —	18 3 —	0	13,24
Abo	60 27 —	22 20 —	0	13,28
Castle-Toward[2]	55 50 —	4 58 W.	19	13,48
Lancaster . . .	54 5 —	2 45 —	0	13,74
Kendal[3] . . .	54 20 —	2 56 —	0	13,74
Edinburg . . .	55 57 —	3 10 —	43	13,82
Bergen . . .	60 24 —	5 21 O.	0	13,86
Nain	57 8 —	61 20 W.	0	14,34
Umeo	63 50 —	20 15 O.	0	14,36
Christiania . .	59 55 —	10 49 —	0	14,62
Näs[4] (Island) .	64 30 —	20 15 W.	---	15,92

Aus dieser Zusammenstellung geht auffallend hervor, daſs die mittleren monatlichen unregelmäſsigen Oscillationen unter niederen Breiten kaum wahrnehmbar sind und sich in der regelmäſsigen fast gänzlich verlieren, dagegen mit zunehmenden Breiten wachsen, bis sie eine bedeutende, schon in wenigen Monaten kenntliche Gröſse erhalten. Eine nähere Untersuchung der Beobachtungen ergiebt ferner, daſs die mittleren monatlichen Oscillationen der verschiedenen Jahre einander sehr gleichen und weniger von einander verschieden sind, als die absoluten Maxima, die nur ausnahmsweise eine sehr bedeutende Gröſse zu erreichen pflegen. Kämtz hat versucht, die Gröſse dieser Schwankungen als eine Function der Breite durch einen analytischen Ausdruck darzustellen, jedoch muſste er für verschiedene Reihen von Breitengraden andere Coefficienten gebrauchen, um die Beobachtungen mit den Formeln in Uebereinstimmung zu bringen, und auſserdem zeigt die ge-

1 Nizze in Kastner's Archiv. Th. VII. S. 253.

2 Kirkman Finlay in Edinb. New Phil. Journ. N. XXXV. p. 144.

3 Sam. Marshall in Edinburgh Journ. of Sc. New Ser. N. XII. p. 332.

4 Schouw in Poggendorff Ann. XXVI. 428.

ringe Gröſse der Oscillationen unter sehr hohen Breiten, daſs sie dort wieder abnehmen. Es wäre zwar leicht, den analytischen Ausdruck hiernach einzurichten, allein der bloſse Anblick der Tabelle zeigt deutlich, daſs noch andere Einflüsse, als die geographische Breite, die Gröſse dieser Schwankungen bedingen. Hierüber allgemeine Gesetze aufzufinden scheint mir für jetzt noch unthunlich und ich verweise deswegen auf einen Versuch von Kämtz[1], für einen Theil von Europa und Asien diejenigen Orte zu bestimmen, wo die unregelmäſsigen Barometerschwankungen einander gleich sind, und diese durch Linien zu verbinden, welche er *isobarometrische Linien* nennt[2]. Im Allgemeinen ist nicht zu verkennen, daſs der gröſsere Wechsel der Temperatur mit den gröſseren Schwankungen des Barometers zusammenfällt, und beide Phänomene haben dann wieder in den Mengungen wärmerer und kälterer Luftmassen ihren Grund, wovon die ersteren aus der äquatorischen Zone, die letzteren von den Polen herzuströmen, die barometrischen Oscillationen aber werden da am häufigsten und am gröſsten seyn, wo diese Ströme am häufigsten und von gröſster Verschiedenheit zusammentreffen. Hieraus erklärt sich dann leicht die Abnahme derselben in der Polarzone und vielleicht ist unter dem Pole selbst der Stand des Barometers ebenso constant, als unter dem Aequator.

78) Ueber den *Zusammenhang zwischen den barometrischen Schwankungen und den Hydrometeoren nebst den Winden*, die sie zu begleiten pflegen, ist bereits geredet worden[3]; es verdienen hier jedoch noch die bedeutenden Erweiterungen erwähnt zu werden, welche dieses Problem durch die gehaltreichen Untersuchungen von Dove[4] und Kämtz[5] erhalten hat. Ersterer legt dabei Pariser, letzterer Stockholmer Beobachtungen zum Grunde, und aus beiden folgt ganz übereinstimmend, daſs im Allgemeinen das Barometer am Tage vor dem Regen sinkt, während des Regens selbst aber steigt, in beiden Fällen aber bei östlichen Winden sinkt und bei westli-

---

1 *Meteorologie*. Th. II. S. 339.

2 Kämtz gesteht selbst, daſs dieser Name eigentlich für gleiche Barometerhöhen gehöre, wie bereits oben §. 61. bemerkt wurde.

3 S. Art. *Barometer*. Bd. I. S. 935.

4 Poggendorff Ann. XIII. 305.

5 Meteorologie. Th. II. S. 364.

chen steigt. Für Deutschland und einen grofsen Theil des westlichen Europa's ist dieses Gesetz gewifs herrschend, denn auch hier in Heidelberg und über der angrenzenden Rheinebene, wo örtliche specielle Einflüsse den regelmäfsigen Gang der Witterung nicht stören, habe ich dasselbe durch langjährige Erfahrung bestätigt gefunden. Erst nachdem der hohe Barometerstand einige Zeit gedauert hat, tritt heiteres Wetter ein, welches so viel länger dauert, je gröfser die Barometerhöhe war, je langsamer sie erreicht wurde und je länger sie anhielt. Die Heiterkeit des Himmels und die Wärme nehmen zu mit sinkendem Barometer und östlichen, nach Süden übergehenden Winden, bis man bei ganz wolkenfreier Atmosphäre aus der erreichten Tiefe des Barometerstandes mit Gewifsheit bevorstehenden Regen voraussagen kann. Meistens steigt dann das Barometer erst, der Wind erhält eine südwestliche, dann eine westliche Richtung, es erfolgt Regen in der Regel mit südwestlicher Richtung des Windes und er dauert fort mit Abnahme der Temperatur und steigendem Barometer, während der Wind zwischen Nordwest und Südwest schwankt, selbst bis er eine nördliche Richtung annimmt und diese einige Zeit beibehält. Häufiger und schneller Wechsel der Windrichtungen und des Barometerstandes deuten auch hier, wie wohl überall, auf regnerische Witterung und beurkunden dadurch den innigen Zusammenhang zwischen dem Barometerstande, der Temperatur und den beide bedingenden Luftströmungen. Auf gleiche Weise läfst ein plötzliches tiefes Sinken des Barometers auf heftige Stürme schliefsen, wie bereits[1] erwähnt worden ist. Dafs dieses auch auf niedere Breiten sich erstrecke, hat v. HUMBOLDT[2] theils aus eigenen Beobachtungen zu Havanna, theils aus denen erwiesen, die ORTA zu Vera-Cruz (19° 11′ N. B.) angestellt hat, wo bei anhaltenden Nordwinden das Barometer von 333 auf 341 Lin. steigt. KIRWAN's Angabe, dafs auf der Bartholomäus-Insel im J. 1792 das Barometer während eines Sturmes um 18,6 Lin. gefallen sey, scheint v. HUMBOLDT in Zweifel zu ziehn, indefs beobachtete auch BRUNEL[3] 1786 auf Isle de France, dafs das Barometer

1 S. Art. *Barometer*. Bd. I. S. 920 und 937.
2 Voyages T. X. p. 446. Vergl. KÄMTZ a. a. O. S. 869.
3 Ephem. Soc. Met. Pal. T. I. p. 399. bei KÄMTZ a. a. O.

zwischen 7^h Morgens am 14. Dec. und um 2^h 30′ am 15ten von 334‴,5 bis 321‴,3 herabging, nach 2,5 Stunden aber seinen ersten Stand wieder erreichte. Auch Beaufoy[1] berichtet ein solches Sinken des Barometers am 21. Sept. 1792 auf St. Thomas, indem es von 337,34 bis 324,18 Lin. herabging. Was übrigens v. Humboldt in Beziehung auf niedere Breiten anführt, dafs nämlich dort das Barometer bei heftigen und anhaltenden Stürmen seinen Stand nicht ändere, findet nach den bereits (§. 60.) erwähnten Beobachtungen von Parry unter höheren Breiten gleichfalls ausnahmsweise statt. Die gewöhnlichen bedeutenden Oscillationen erstrecken sich oft über eine weit ausgedehnte Länderstrecke[2], nur ist zu bedauern, dafs der ganze Umfang ihrer Ausdehnung nicht vollständig ausgemittelt werden kann und es schon einen grofsen Aufwand von Mühe und Zeit erfordert, gleichzeitige Messungen aus entfernten Gegenden zusammenzufinden. Vorzüglich hat sich Brandes[3] um die Ausmittelung hierher gehöriger Thatsachen verdient gemacht, indem er einen zusammenhängenden Wechsel der barometrischen Oscillationen zwischen Mafra bei Lissabon, Torneö und Petersburg nachwies, dessen weitere Erstreckung nach Nordamerica und Syrien aus gleichzeitigen Beobachtungen hervorging. Aus einer andern Zusammenstellung von Beobachtungen in Frankreich, Italien, Deutschland, Scandinavien, Island und dem europäischen Rufsland zeigte ebenderselbe[4] das Stattfinden eines gleichzeitigen Sinkens des Barometers am 24. Dec. 1821, welches in Island geringer war, als in Frankreich, und überhaupt nach Osten hin abnahm, so dafs sich im Ganzen auf starke Stürme im atlantischen Oceane schliefsen liefs, welche Vermuthung aufserdem durch Beobachtungen des Golphstromes von Sabine bestätigt wurde. Kämtz[5] zeigt mit überwiegenden Gründen, dafs bei solchen

1 Ann. of Phil. T. XV. p. 332. Das plötzliche Sinken des Barometers bei dem Typhon, welchen v. Krusenstern an der Küste von Japan erlebte, wo das Quecksilber bis unter die Scale fiel, ist bekannt.

2 Vergl. *Barometer*. S. 939.

3 Beiträge zur Witterungskunde. Leipz. 1820. 8. S. 26 ff.

4 De repentinis variationibus in pressione atmosphaerae observ. Lips. 1826. 4.

5 Meteorologie. Th. II. S. 375.

Meteoren an kein Verschwinden einer bedeutenden Masse von Luft, etwa in Folge einer Absorption derselben durch die Erde nach einer unhaltbaren Hypothese von Meinecke[1], noch an einen Zusammenhang derselben mit Erdbeben, wie 1783 mit dem in Calabrien nach van Swinden, zu denken sey, da die letzteren, ihrer furchtbaren Gewalt ungeachtet, solche große Wirkungen hervorzubringen nicht vermögen, sondern daſs hauptsächlich durch das Aufsteigen der erwärmten Luft, die in gröſseren Höhen abflieſst, eine Art Oscillation entsteht, wodurch das Barometer über einer gröſsern oder geringern Länderstrecke sinkt, über einer andern dagegen steigt; auch ergiebt sich aus den meisten Untersuchungen, daſs in der Regel beide entgegengesetzte Phänomene gleichzeitig statt finden, obgleich es nicht allezeit möglich ist, durch Beobachtungen aus hinlänglich entfernten Gegenden diese Thatsache bestimmt nachzuweisen. Nach Dove[2] wird ein solches weitverbreitetes Sinken des Barometers durch eine anhaltende südliche Luftströmung bewirkt, wobei der Wind allmälig von Süd durch West und Nord nach Ost sich drehend herumläuft und überall die Ankunft solcher warmer und feuchter Luftmassen durch höhere Temperatur und Hydrometeore kund macht. Bei den von Brandes untersuchten Fällen am 24. Dec. 1821 u. 3. Febr. 1823 unterstützten viele Thatsachen diese Hypothese, namentlich die hohe Temperatur, welche in der Schweiz, in Frankreich und dem nördlichen Deutschland gleichzeitig mit dem Sinken des Barometers beobachtet wurde, statt daſs in America in Folge eindringender nördlicher Luftströmungen starke Kälte herrschte. Auch die bedeutenden Niederschläge, welche in Folge einer Abkühlung dieser feuchten, aus südlichen Gegenden herbeiflieſsenden Luftmassen entstehn und gleichzeitig eine mitwirkende beträchtliche Verminderung des Luftvolumens nach sich ziehn müssen, findet man in den vorhandenen Nachrichten angegeben und überhaupt zeigen beide Fälle augenscheinlich den angenommenen Durchgang des Windes durch das Minimum der Windrose von Süd durch West bis Nord und Ost, wie auf gleiche Weise die auſserordentlich weite Verbreitung dieser groſsen Oscillation im ganzen Luftocean. Ganz analoge Erscheinungen,

1 Schweigg. Journ. T. XXXVIII. p. 194.
2 Poggendorff Ann. XIII. 596.

als die erwähnten, zeigten sich in den Stürmen und den ganz ungewöhnlichen Regengüssen, welche im October bis in den November des Jahres 1824 die in einer Richtung von Süd nach Nord fortschreitenden Ueberschwemmungen erzeugten, an den Küsten der Niederlande und den dänischen Inseln unermeſslichen Schaden anrichteten und das Wasser der Ostsee in die Mündung der Newa trieben. Auch von diesen zeigt Kämtz[1], daſs die hierbei thätigen Luftströmungen in unglaublicher Entfernung wahrnehmbar waren und nach der Gleichzeitigkeit der Phänomene zu schlieſsen mit den heftigen westlichen Stürmen zusammenhingen, welche Kotzebue's Reise von Californien nach den Sandwich-Inseln beunruhigten. Im Gegentheil war gegen Ende des Januars 1820 ein in England hauptsächlich und auch auf dem Continente wahrgenommenes ungewöhnliches Steigen des Barometers von gleich seltener Kälte begleitet[2].

3) *Hygrometer.* Dieses meteorologische Werkzeug war schon bei der Bearbeitung des ihm gewidmeten Artikels[3] zu einem solchen Grade der Vollkommenheit gebracht, daſs sich sobald keine Verbesserungen erwarten lassen, indem namentlich das *Psychrometer*, mit der erforderlichen Sorgfalt ausgeführt, alles dasjenige leistet, was man rücksichtlich des aufzufindenden Feuchtigkeitsgrades der Atmosphäre verlangt. Die hier folgenden Zusätze können daher bloſs dazu dienen, die Uebersicht dessen, was überhaupt in Beziehung auf diesen wichtigen physikalischen Apparat geschehn ist, zu vervollständigen.

79) Vorschläge zur Anwendung hygrometrischer Substanzen aus dem Thierreiche sind mir neuerdings nicht bekannt geworden, dagegen hat man deren mehrere aus dem Pflanzenreiche empfohlen. In dieser Hinsicht ist zu bemerken, daſs eine in Salzwasser getränkte Hanfschnur vor Smeaton schon früher durch Onufrius Conversinius[4] in Vorschlag gebracht worden ist. Statt des durch Dalencé empfohlenen Papierstreifens empfiehlt Blackadder[5] das Strohpapier (*papier végétal*),

1 Meteorologie. Th. II. S. 383.
2 Edinburgh Phil. Journ. N. IV. p. 335.
3 Bd. V. S. 502.
4 Atti dell' Accad. Pistojese. T. I. p. 240.
5 Dublin Philos. Journ. N. I. p. 160.

dessen hygrometrische Kraft er drei Jahre lang unverändert gefunden haben will. Aus ebendieser Substanz hat BENOIT[1] einen sehr künstlichen Apparat, bei welchem ein spiralförmiger, auf eine dünne metallene Lamelle geklebter Streifen zum Messen der Feuchtigkeit dienen soll, in Vorschlag gebracht. Das durch FRANKLIN empfohlene Mahagoniholz wurde durch GOUGH[2] gleichfalls als eine zu hygrometrischen Messungen vorzüglich geeignete Substanz gepriesen, und überhaupt wird man das Holz wohl stets als hierzu brauchbar betrachten[3], besonders da es so wohlfeil und leicht zu bearbeiten ist. SCHÖN[4] empfiehlt, und gewiſs nicht ohne vorhergegangene Prüfung, die Samenkapseln von *pelargonium triste.* Die Beschreibung eines Hygrometers von LANDI[5], aus welcher kaum zu entnehmen ist, wie das Instrument eigentlich beschaffen seyn soll, führe ich nur beiläufig an, auch möge hier noch im Vorbeigehn erwähnt werden, daſs schon vor DE LA RIVE[6] der Vorschlag, die Schwefelsäure als hygroskopische Substanz zu benutzen, und zwar ganz auf die angegebene Weise, durch VAN MONS[7] geäuſsert worden ist. Inzwischen ist man von der Meinung, daſs alle diese Substanzen allmälig ihre hygroskopische Eigenschaft verlieren und daher überall zu feinen Versuchen nicht taugen, weil sich der bereits eingetretene Grad der Unempfindlichkeit nicht wohl ermitteln läſst, nicht zurückgekommen, vielmehr ist dieselbe weit allgemeiner verbreitet, und selten werden daher die Künstler noch solche Apparate anders verfertigen, als wenn es für einige Zeit auf eine leichte und schnelle Ausmittelung des wechselnden Feuchtigkeitszustandes der Atmosphäre abgesehn ist. Unterdeſs ist eine sehr gründliche Abhandlung über diesen Gegenstand erschienen, die nicht mit Stillschweigen übergangen werden darf. SUERMAN hat nämlich in einer gekrönten Preisschrift[8] die Principien, worauf

---

1 Aus Recueil indust. in Dingler's polyt. Journ. Th. XXXV. S. 252. Quarterley Journ. of Science, Lit. and Arts. New Ser. N. XIII. p. 195.

2 Tilloch Philos. Mag. T. XXXIII. p. 177.

3 Vergl. Dingler a. a. O. Th. XLI. S. 104.

4 Kastner Archiv. Th. I. S. 315.

5 Bibliotheca Italiana 1831. Oct. p. 139.

6 Ann. Chim. et Phys. T. XXX. p. 89.

7 Configliachi e Brugnatelli Giorn. di Fisica. T. II. p. 79.

8 Commentatio de definienda quantitate vaporis aquei in atmo-

die Construction der verschiedenen Hygrometer beruht, theoretisch geprüft und ist dadurch gleichfalls zu der Ueberzeugung gelangt, dafs die Veränderlichkeit der zu ihnen verwandten hygroskopischen Substanzen ihrer Anwendung zu scharfen Messungen ein unübersteigliches Hindernifs entgegensetzt, allein wegen des grofsen Ansehns, wozu die Hygrometer von DE SAUSSURE und von DE LUC gelangt sind, und bei der Bequemlichkeit und Kürze, womit die Beobachtungen angestellt werden, haben verschiedene Gelehrte sich bemüht, namentlich aus den Graden des Haarhygrometers die Dichtigkeit des Wasserdampfes der Atmosphäre zu entnehmen. Was DE SAUSSURE[1] selbst in dieser Beziehung geleistet hat, ist unbedeutend, die Versuche von DULONG kennen wir blofs in ihren durch BIOT[2] mitgetheilten Resultaten. Von gröfserem Umfange sind diejenigen, welche GAY-LUSSAC[3] und PRINSEP[4] angestellt haben, indem sie luftleere Gefäfse mit Dampf von gemessener Dichtigkeit anfüllten und die Grade des Haarhygrometers ablasen, welche dasselbe dann zeigte. KÄMTZ[5] hat die Tabellen mitgetheilt, die zur Reduction der Grade des Haarhygrometers auf den wirklichen Dampfgehalt der Atmosphäre hieraus berechnet worden sind, allein da auch dieser in der Theorie und Praxis gleichmäfsig wohl bewanderte Meteorolog sich gegen den Gebrauch solcher Hygrometer erklärt, so scheint es mir nicht der Mühe werth, ihnen den erforderlichen Raum zu opfern, zumal da eine abermalige Berechnung der von GAY-LUSSAC erhaltenen Werthe durch SUERMAN eine so grofse Fehlergrenze zeigt, dafs man bei der Gewandtheit jenes Experimentators auf die Unmöglichkeit, durch diese Verfahrungsart zum gewünschten Ziele zu gelangen, schliefsen mufs. MELLONI[6] wählte wohl das sinnreichste Verfahren,

---

sphaera vel aëre quocumque. L. B. 1831. 4. Eine sehr vollständige Monographie der Hygrometer ist: Enumeratio ac descriptio Hygrometrorum, quae inde a Saussurii temporibus proposita sunt. Auct. A. G. Bunsen. Gott. 1830. 4.

1 Hygrometrie. S. 197.

2 Traité de Phys. T. II. p. 208.

3 Biot a. a. O. p. 199.

4 Zeitschrift für Physik und Mathematik. Th. II. S. 29.

5 Meteorologie. Th. I. S. 327.

6 Ann. Ch. Phys. T. XLIII. p. 89.

Er schloſs das Hygrometer in eine Glasröhre ein, welche oben verschlossen war, unten aber auf einer Luftpumpe exantlirt und dann auf eine manometrische Vorrichtung geschraubt werden konnte, die aus Glasröhren zusammengesetzt sich mittelst eines Getriebes mehr oder weniger tief in Quecksilber eintauchen lieſs. Nach dem Exantliren der das Hygrometer einschlieſsenden Röhre wurde durch ein Haarröhrchen eine angemessene kleine Menge Wasser in dieselbe gebracht, die sich sogleich in Dampf verwandelte und den ganzen Raum ohne Rückstand von tropfbar flüssigem Wasser ausfüllte. Nach dem Eröffnen der Communication mit dem Manometer breitete sich der eingeschlossene Wasserdampf auch in diesem aus, das Quecksilber in demselben sank tiefer herab, durch Eintauchen des Manometers in Quecksilber lieſs sich dann der Raum, welchen der Wasserdampf einnahm, und somit auch dessen Dichtigkeit nach Willkür vergröſsern oder verringern, die Elasticität und Dichtigkeit des Dampfes wurde durch die Höhe der Quecksilbersäule in der Manometerröhre angegeben und auf solche Weise wurde sowohl diese Gröſse, als auch der ihr zugehörige Grad am Haarhygrometer gleichzeitig durch den nämlichen Apparat bestimmt. Drei Reihen solcher Versuche wurden angestellt, um aus dem Mittel derselben noch genauere Resultate zu erhalten. Daſs dieses Verfahren sinnreich ersonnen sey, wird niemand in Abrede stellen, allein eigene sowohl, als auch fremde Versuche haben mich überzeugt, daſs es sehr schwer sey, aus dem Sinken der Quecksilbersäule vermöge des über ihr befindlichen Wasserdampfes die Elasticität und Dichtigkeit des letztern genau zu ermitteln, und auſserdem hatte schon de Saussure mit der Eigenthümlichkeit der angewandten Haare zu kämpfen, so daſs man bei jedem gegebenen Hygrometer dieser Art sich auf den richtigen Gang desselben doch nicht verlassen darf.

80) Je weniger man also hoffen darf, durch die Apparate dieser Art zu genauen hygrometrischen Bestimmungen zu gelangen, um so mehr hat man sich bemüht, die Hygrometer, welche auf das Princip des Niederschlags und der Verdunstung gegründet sind, zu vervollkommnen und ihren Gebrauch zu erleichtern. Unter die frühesten Vorschläge, den Dampfgehalt der Atmosphäre nach der Temperatur zu bestimmen, bei welcher sich der erste Niederschlag auf abge-

kühlten Körpern zeigt, gehört auch der von Soldner[1], welcher jedoch damals unbeachtet blieb. Sobald dagegen Daniell die Aufmerksamkeit der Physiker auf seinen Apparat gelenkt hatte, wurde dieser auf mehrfache Weise abgeändert, wie bereits angegeben worden ist. In der Hauptsache wird entweder das zur Bestimmung des Thaupunctes dienende Thermometer nach der ursprünglichen Einrichtung durch die abkühlende Flüssigkeit umgeben, auf deren Hülle sich dann der Thau niederschlägt, oder die Aufsenfläche des Thermometers wird abgekühlt und nimmt auch unmittelbar den Niederschlag auf. Gegen die letztere Einrichtung machte Daniell den Einwurf, dafs der in der Umgebung erzeugte Aetherdampf einen störenden Einflufs äufsere, Foggo[2] aber drehte diesen Vorwurf um und behauptete, dafs bei der andern Constructionsart die Leitungsfähigkeit des die Thermometerkugel bis zur Hälfte einschliefsenden Aethers bedingend einwirke. Bei den guten Instrumenten, namentlich den vom jüngern Greiner zu Berlin verfertigten, schneidet jedoch die verdunstende Oberfläche sowohl die kleine Thermometerkugel, als auch den vergoldeten Ring, auf welchem sich der niedergeschlagene Thau zuerst zeigt, und so ist mindestens die wohlbegründete Vermuthung vorhanden, dafs in dieser gemeinschaftlichen Ebene eine gleiche Temperatur herrsche. Von gröfserer Bedeutung dagegen sind diejenigen Fehler, welche John Adie[3] aus eigener Erfahrung entnommen haben will. Hiernach soll nämlich ein tiefer liegender Thaupunct durch diejenigen Instrumente angezeigt werden, die mit schlechterem Aether gefüllt sind, ein höherer aber, wenn der enthaltene Aether besser ist, jedoch sollen die letzteren eine gröfsere Menge Aether beim Gebrauche erfordern. Ferner will er gefunden haben, dafs sofort das eingeschlossene Thermometer um mehrere Grade sinkt und eine Bethauung der Kugel erfolgt, wenn man den Apparat in der Nähe des Thaupunctes etwas schüttelt, wonach also selbst eine leicht mögliche geringe Bewegung des Instrumentes Fehler herbeiführen würde. Als das beste Prüfungsmittel für diese Art von Hygrometern durch genaue Auf-

1 G. XXXII. 219.
2 Edinburgh Journ. of Science. N. XIII. p. 57.
3 Ebend. New Ser. N. I. p. 62.

findung des eigentlichen Thaupunctes betrachtet Adie das einfache Verfahren von Saussure, wonach man ein Glas mit Wasser füllt, welches gerade so weit erkaltet ist, dafs sich ein feiner Thau auf seiner Oberfläche anlegt. Nach dem Vorschlage von Connell erreicht man dieses bei grofser Sommerhitze leicht durch Wasser aus einem tiefen Brunnen, bei niedrigerer Temperatur aber durch Auflösung von Salzen; allein nach diesem Principe kann man nicht füglich tragbare, jederzeit zu Gebote stehende Apparate verfertigen. Als zweckmäfsigstes und durch Vergleichung mit diesem Prüfungsmittel sich am bewährtesten zeigendes Hygrometer empfiehlt Adie
Fig. 265. ein feines Thermometer mit einer Scale, welche nur zwischen — 10° und + 110° F. in Grade und, wo möglich, Theile derselben getheilt worden ist, dessen kleine Kugel sich in der Mitte einer hohlen gröfseren, von schwarzem Glase befindet. Der Zwischenraum zwischen beiden Kugeln soll mit einer nicht leicht gefrierenden Flüssigkeit, etwa Alkohol oder Salzwasser gefüllt, die äufsere Kugel aber mit Seidenzeuge so überzogen seyn, dafs nur ein kleiner Theil von etwa 0,25 Zoll Fläche frei bleibt, worauf sich der Thau niederschlägt, wenn man die Oberfläche durch aufgetröpfelten Schwefeläther langsam erkaltet. Adie's Künstlertalent und Beobachtungsgabe sind vortheilhaft bekannt, allein dieser Apparat verspricht wegen der erforderlichen Fortpflanzung der Wärme durch die einschliefsende Flüssigkeit keine genauen Resultate. Zweckmäfsiger dürfte es seiner eigenen Ansicht gemäfs seyn, einen solchen Apparat nach dem einfachen Principe von Le Roy und Saussure anzuwenden, als Vernon Harcourt[1] und A. Connell[2] in Vorschlag gebracht haben. Dieser besteht aus einer
Fig. 266. Phiole von dünnem Messingblech, etwa 1,5 Zoll im Durchmesser haltend, mit polirter Aufsenfläche, die noch zweckmäfsiger vergoldet seyn würde[3]. In diese wird ein feines Thermometer, welches nur von — 10 bis höchstens + 50° C. graduirt seyn müfste, mit seiner Kugel eingesenkt und vermittelst eines Korkes so festgesteckt, dafs diese sich in der

1 London and Edinb. Phil. Mag. N. XLI. p. 409.

2 Edinb. New Phil. Journ. N. XXXVII. p. 176.

3 Vergoldetes Kupferblech verdiente gewifs in jeder Hinsicht den Vorzug.

Mitte der Phiole frei herabhängend befindet. Beim Gebrauche wird in kleinen gläsernen Maſsen 0,5 Unze Wasser und 40 Grains einer in Bereitschaft gehaltenen Mischung von pulverisirtem Glaubersalz und Salmiak abgemessen, in die Phiole gebracht und dann das Thermometer hineingesenkt, dessen Grade in dem Augenblicke, wenn sich der erste Niederschlag auf der polirten Oberfläche zeigt, den Thaupunct angeben. Durch einiges sanftes Rütteln der Flasche wird die Mischung gleichmäſsiger, das Wasser wählt man von der Temperatur der atmosphärischen Luft, auſser wenn der Feuchtigkeitszustand der Atmosphäre sehr groſs ist, in welchem Falle man wohl thut, dasselbe vorher etwas zu erwärmen, damit der Thaupunct nicht zu schnell eintrete; bei groſser Trockenheit dagegen kann man 1,5 oder auch 2 Maſstheile der Salzmengung nehmen und bei Temperaturen unter 0° C. allenfalls auch Schnee. Der Apparat ist gewiſs ebenso einfach als zweckmäſsig; verbessern lieſse sich derselbe allenfalls, wenn man den Hals der Phiole mit Kork oder einer sonstigen schlecht wärmeleitenden Substanz umgäbe, um durch die Berührung mit den Fingern beim Schütteln keine Wärme mitzutheilen, auch könnte man zur Seite neben dem Halse noch eine Tülle anbringen, um durch diese mit einem Papiertrichter das Salz in die vorher mit Wasser gefüllte und mit dem Thermometer versehene Phiole zu bringen.

Die Schwierigkeiten beim Gebrauche des Daniell'schen Hygrometers und die allezeit noch bleibende Unsicherheit der Resultate sind wohl ohne Ausnahme von allen Physikern gefunden worden, die sich desselben bedienten. Dasselbe ist kostbar, erfordert einen bedeutenden Aufwand von Aether, den man wegen seiner Flüchtigkeit auf Reisen bei groſser Wärme nur mit Mühe verwahren kann, und zuweilen vermag man, wie Kämtz[1] gefunden hat, bei sehr trockner Witterung gar keine Bethauung der Hygrometerkugel hervorzubringen. Auch Colonel Sykes[2] klagt über den starken Verbrauch von Aether zur Zeit der Dürre in Ostindien, und dennoch konnte er oft den Thaupunct mit dem besten Aether nicht erhalten, der zuweilen bei 27° F. liegt, während die Temperatur den Siede-

1 Meteorologie. Th. I. S. 314.
2 Phil. Trans. 1835. p. 164.

punct des Aethers erreicht. Aufserdem mufs man sehr aufmerksam seyn, um den ersten Moment des entstehenden Niederschlages nicht zu übersehn und gleichzeitig mit dessen Wahrnehmung auch das fortwährend sinkende Thermometer abzulesen, und wenn dann die Art des zur Verfertigung des Instrumentes verwandten Aethers von Einflufs auf die Resultate seyn sollte, wie Adie behauptet, so würde dieses seine Brauchbarkeit noch mehr herabsetzen. Aus allen diesen Gründen wird das Hygrometer durch Verdunstung oder das durch August so genannte *Psychrometer* allmälig alle anderen hygrometrischen Mefswerkzeuge verdrängen [1].

81) Der älteste Vorschlag, durch Verdunstung von Wasser und vermittelst der in Folge hiervon herabgehenden Temperatur den Dampfgehalt der Atmosphäre zu messen, ist, so viel ich weifs, von Hutton [2], welcher angab, man solle ein Thermometer mit Wasser von der Temperatur der atmosphärischen Luft benetzen, so werde dasselbe sinken und endlich bis zum Thaupuncte herabgehn. Die Construction der nach diesem Principe verfertigten Apparate, namentlich wie August diese angegeben hat, ist aufserdem so einfach, dafs man nicht wohl auf Verbesserungen bedacht seyn kann, und so ist man auch bisher dabei stehn geblieben, entweder zwei feine Thermometer neben einander bequem aufzuhängen und die Kugel des einen mit Wasser zu benetzen, oder sich nur eines einzigen Thermometers zu bedienen, dessen Grade zuerst im Zustande der Trockenheit, dann nach der Benetzung abgelesen werden. Weit wichtiger ist dagegen eine andere Frage, die beim Gebrauche desselben in Betrachtung kommt. Der Erfinder des Psychrometers selbst und alle Gelehrte nach ihm hegten die Vorstellung, dafs das Psychrometer den eigentlichen *Thaupunct*, wie er durch das Daniell'sche Hygrometer (oder *Thermohygrometer* nach Suerman) gefunden wird, nicht angebe und daher einer Reduction bedürfe. Dieses ist wohl unbestreitbar richtig; denn das letztere Instrument giebt denjenigen Punct an, wo ein wirklicher Niederschlag, eine Bethauung entsteht, das erstere dagegen geht bis zu derjenigen Temperatur herab, bei welcher die äufsere Luft mit Wasserdampf

1 Vergl. Kämtz Meteorologie. Th. I. S. 329.
2 Transactions of the Royal Soc. of Edinburgh. T. V. p. 67.

so gesättigt ist, dafs sie keinen mehr aufzunehmen vermag, vielmehr ein Niederschlag entstehn würde, wenn die Erkältung noch zunähme. Wird dieses zugestanden, so entsteht die Frage, ob es nicht rathsamer sey, diesen Punct der Sättigung der Luft mit Wasserdampf, wie ihn das Psychrometer unmittelbar angiebt, als Norm anzunehmen und sich jeder Reduction zu überheben, um so mehr, da der entstehende Niederschlag eine gewisse Dichtigkeit haben mufs und hierzu vom Anfange seines Entstehns an bis zu seiner vollständigen Bildung eine gewisse Verminderung der Temperatur erfordert wird, die um so gröfser seyn mufs, je geringer die der Temperatur zugehörige Dichtigkeit des in der Atmosphäre vorhandenen Dampfes ist. Suerman[1] allein hat die Frage, um welche es sich eigentlich handelt, bestimmt ausgesprochen, indem er den *Thaupunct* (*punctum rorans*) vom Puncte der gröfsten Dichtigkeit (*punctum psychrometricum*) unterscheidet, es beruht jedoch auf einem Mifsverständnisse, wenn er glaubt, ich selbst[2] hätte beide für identisch gehalten. Dieses ist keineswegs der Fall, allein ich bin noch immer der nämlichen Ansicht, dafs es besser und geeigneter seyn würde, bei hygrometrischen Messungen und Bestimmungen den psychrometrischen Punct oder den Punct der gröfsten Dichtigkeit, wie ihn das benetzte Thermometer unter den gehörigen Bedingungen unmittelbar zeigt, als die gesuchte Normalbezeichnung anzunehmen, nicht aber den minder scharf bestimmbaren Thaupunct. Suerman, welcher die ganze Aufgabe so vollständig bearbeitet und so gründlich durchdacht hat, dafs sein Urtheil nothwendig von Gewicht seyn mufs, gesteht selbst zu, dafs der Thaupunct unter dem Punct der gröfsten Dichtigkeit liege, da aber der Unterschied nur unmerklich sey, so könne ersterer füglich für den letzteren gesetzt werden[3]. Wenn aber das befeuchtete Thermometer wirklich bis auf diejenige Temperatur herabgeht, welche der gröfsten Dichtigkeit des in der Atmosphäre enthaltenen Wasserdampfes zugehört und wobei dieser also $\frac{1}{2}$ der

---

1 A. o. a. O. S. 65 u. 67.

2 S. Art. *Hygrometer*. Bd. V. S. 657.

3 Revera quidem maximum illud hoc momento jam praeterlapsum est. Quum vero temperaturae differentia quam minima condensationi perficiendae sufficiat, ipsum punctum rorans pro temperatura maximi haberi poterit.

Luft bei gleicher Temperatur und Elasticität ausmachen würde, so haben wir hierdurch unmittelbar diejenige Bestimmung, deren wir für die hierher gehörigen Aufgaben bedürfen, und obendrein ist diese Bestimmung genau und scharf, statt dafs bei einer Ueberschreitung derselben die Gröfse der Ueberschreitung stets unbestimmt bleiben mufs, sofern die Dichtigkeit des entstandenen Niederschlags und die letzterem zugehörige Temperatur nach der Schnelligkeit seines Entstehens, der Feinheit und Blänke des Instruments, der Gesichtsschärfe des Beobachters und der Zeitdauer, welche nach der Wahrnehmung des feuchten Ueberzuges bis zum Ablesen des Thermometers erfordert wird, nothwendig verschieden seyn mufs. Die letztere Folgerung ist wohl unbestreitbar, und es handelt sich daher blofs um die Richtigkeit der Voraussetzung, ob das benetzte Thermometer wirklich bis zum Sättigungspuncte der Atmosphäre herabgehe, wie ich voraussetze. Sollte dieses noch zweifelhaft seyn, so wäre es allerdings der Mühe werth, hierüber durch eine Reihe genauer Versuche bestimmte Auskunft zu erhalten.

82) Inzwischen nimmt man allgemein an, dafs die gefundenen psychrometrischen Angaben auf die des Hygrometers reducirt werden müssen oder dafs aus dem Unterschiede des trocknen und des befeuchteten Thermometers, mit Rücksich auf den jedesmaligen Barometerstand, der Thaupunct, der Punct eines wirklich entstehenden Niederschlages von unbestimmter, aber als verschwindend klein angenommener Dichtigkeit zu suchen sey. Die allgemeinen Principien, worauf diese Reduction beruht, und die Methode, die man dabei anwendet, sind bereits angegeben worden[1]. Unterdefs haben noch ver-

---

1 S. *Hygrometer*. Bd. V. S. 638. In den Rechnungen S. 640. sind zwei Fehler zu verbessern. in der Formel für e mufs der Factor von $(t - t')$ statt $\gamma\delta$ vielmehr $\frac{\gamma}{\delta\lambda}$ heifsen. Die Formel wird dann

$$e = \frac{1 + \frac{\gamma}{\delta\lambda}(t - t')}{1 + \frac{\varkappa}{\lambda}(t - t')}\, e - \frac{\frac{\gamma}{\delta\lambda}(t - t')}{1 + \frac{\varkappa}{\lambda}(t - t')}\, b.$$

Ferner ist $\varkappa$ nicht $= 2,8470$, sondern $= 0,8470$. Dieser Fehler findet sich in der ersten Abhandlung von August in G. LXXXI. 80. und in seiner späteren: Ueber die Anwendung des Psychrometers zur Hygrometrie. Berl. 1828. 4. S. 7.

schiedene Gelehrte dieses nämliche Problem bearbeitet und die meisten finden es angemessen, zur gröſseren Bequemlichkeit Tabellen zu berechnen, mit deren Hülfe man die Reduction kurz und ohne schwierige Rechnung leicht bewerkstelligen kann. Die Abweichungen dieser vielen Behandlungen des nämlichen Problems beruhn auf der Verschiedenheit der Darstellung oder auf geringen Unterschieden der dabei zum Grunde gelegten Bestimmungen der Dichtigkeit und Elasticität des Wasserdampfes bei verschiedenen Temperaturen; man gelangt jedoch stets zu den nämlichen, nur wenig von einander abweichenden Resultaten, und es scheint mir daher unnöthig zu seyn, sie insgesammt ausführlich hier aufzunehmen, weswegen ich mich begnüge, die wesentlichsten, mir bekannt gewordenen namhaft zu machen. HUDSON[1] und MEIKLE[2] haben theoretische Untersuchungen über das Wesen des dabei vorgehenden Processes und die Mittel zur Bestimmung der erforderlichen numerischen Werthe angestellt; ein anderer Ungenannter[3] hat auſserdem Tabellen berechnet und deren Anwendbarkeit durch angestellte Beobachtungen geprüft; da sie jedoch für Fahrenheit'sche Grade eingerichtet sind, so entgeht ihnen schon hierdurch die erforderliche Bequemlichkeit für diejenigen, die sich an den Gebrauch anderer Thermometer gewöhnt haben. Ebendieses ist der Fall bei der durch JAMES APJOHN[4] aufgestellten Formel, welche übrigens nach einer Vergleichung mit einer Reihe früher bekannt gewordener, fremder Beobachtungen sehr genaue Resultate giebt. AUGUST selbst legte gleich anfangs den durch J. G. GREINER jun. zu Berlin verfertigten Psychrometern eine kleine Schrift mit einer Reductionstabelle als Anweisung zum Gebrauche des Instrumentes bei[5], später beschrieb er in einer eigenen Abhandlung[6] das Instrument, erläuterte darin die Theorie der dafür erforderlichen Reduction und fügte Tabellen zur Erleichterung derselben hinzu. Es darf in Beziehung auf die Beurtheilung

1 London and Edinb. Phil. Mag. N. XL. p. 256.

2 Edinburgh New Phil. Journ. N. XXXIII. p. 98. XXXVI. p. 319.

3 Ebendaselbst No. XXX. p. 278. und XXXIV. p. 330.

4 London and Edinburgh Phil. Mag. N. XXXIII. p. 132. N. XL. p. 266. N. XLII. p. 470.

5 Ueber das Psychrometer u. s. w. Berl. 1825. 8.

6 Ueber die Anwendung des Psychrometers zur Hygrometrie.

des Sachverhaltens nicht übersehn werden, daſs August sowohl, als die Gelehrten, welche nach ihm dieses Problem behandelt haben, annehmen, die befeuchtete Kugel des Thermometers werde von einer Luftschicht umgeben, worin sich sowohl der bereits vorhandene Wasserdampf der Atmosphäre, als auch der von der benetzten Kugel neu gebildete befinde. Inzwischen kann man sich durch leicht anzustellende Versuche bald überzeugen, daſs dieses nur dann der Fall ist, wenn sich das Psychrometer in völlig ruhiger Luft, z. B. in einem Zimmer befindet, wo dann die Temperatur des benetzten Thermometers nicht tief genug herabgeht. Wird der Apparat dann aber bewegt, herrscht Zugluft oder ist die benetzte Kugel dem Winde, welcher als schwache Luftströmung wohl niemals und im Freien nirgends fehlt, ausgesetzt, dann wird der stets neu gebildete Dampf augenblicklich fortgeführt und es entsteht neuer, zu dessen Bildung die Thermometerkugel die Wärme hergiebt, weswegen das in ihr enthaltene Quecksilber so lange sinkt, bis die Luft keinen Wasserdampf mehr aufnehmen kann, weil sie, bis zur Temperatur des befeuchteten Thermometers erkaltet, den Sättigungspunct erreichen würde. Hierauf stützt sich die oben bereits erwähnte Ansicht, daſs das befeuchtete Thermometer den Sättigungspunct der Atmosphäre mit Wasserdampf unmittelbar angebe. Es läſst sich hiergegen das allerdings gewichtige Argument anführen, daſs die stets neu herzuströmende Luft dem benetzten Thermometer Wärme zuführe und es über die Temperatur des Sättigungspunctes erhebe, was auch bei der Entwickelung der Correctionsformel berücksichtigt wird; allein bei der groſsen latenten Wärme des Wasserdampfes läſst sich annehmen, daſs der im Verhältniſs hierzu geringe Antheil, welchen die herbeiströmende Luft abgeben kann, zur stets fortdauernden Bildung von neuem Dampfe sofort absorbirt werde, ohne die Thermometerkugel erwärmen zu können. Wie aber künftige Versuche über diese verschiedenen Ansichten entscheiden mögen, so bedarf man, nach den jetzt herrschenden Ansichten, beim Gebrauche des Psychrometers allezeit einer Reduction, um die erhaltenen Resultate auf diejenigen zurückzuführen, welche das Daniell'sche Hygrometer gleichzeitig gegeben haben würde. Auch Kämtz[1]

1 Meteorologie. Th. I. S. 320.

hat für diesen Zweck eine Tabelle mitgetheilt, in welcher aufser den Temperaturen auch die verschiedenen Barometerstände enthalten sind und wodurch dann die Temperatur des eigentlichen Thaupunctes gefunden wird, für welche die derselben zugehörige Dichtigkeit des atmosphärischen Wasserdampfes aus einer früheren Tabelle entnommen wird. Eine durch Eckhardt berechnete, sehr compendiöse Tabelle, welche Loos den von ihm verfertigten Psychrometern beizulegen pflegt, enthält für die Grade des trocknen Thermometers und den Unterschied beider Thermometer die entsprechende Wassermenge in Milliontheilen des Raumes.

83) Für unseren Zweck und mit Rücksicht auf die mitgetheilte theoretische Untersuchung scheint mir die durch August berechnete Tabelle am geeignetsten zu seyn, die ich daher etwas abgekürzt, für den Gebrauch aber genügend mittheile. Sie ist für den Barometerstand in par. Linien und für Grade der Temperatur nach Reaumur berechnet[1] und diesemnach wird die mitgetheilte Formel in folgende verwandelt:

$$e = \frac{1 + 0{,}0009729\,(t - t')}{1 + 0{,}001925\,(t - t')}\,e' - \frac{0{,}0009729\,(t - t')}{1 + 0{,}001925\,(t - t')}\,b$$

oder abgekürzt

$$e = e' - 0{,}0009729\,(t - t')\,b.$$

Die Regel beim Gebrauche der Tafeln, deren erste die Expansionen des Wasserdampfes für par. Linien und Grade der achtzigtheiligen Thermometerscale, die zweite aber die Expansions-Unterschiede zwischen der Verdunstungskälte und dem Thaupuncte enthält, ist dann folgende. Man suche in der Tafel der Expansionen diejenige Expansion, welche der Temperatur des befeuchteten Thermometers zugehört, subtrahire davon die aus der Tafel der Expansionsunterschiede entnommene, dem Temperaturunterschiede zugehörige Gröfse, multiplicire dann den Unterschied des zugleich beobachteten Barometerstandes und des von 336 par. Lin. mit der Temperaturdifferenz, dividire dieses Product durch 1000 und addire[2] den Quotienten zu der gefundenen Differenz, so giebt das gefun-

1 Dieses stimmt gut damit zusammen, dafs auch die vorzüglichen Psychrometer von Greiner jun. achtzigtheilige Thermometerscalen haben.

2 Ist der beobachtete Barometerstand gröfser als 336 par. Lin., so wird die durch Subtraction erhaltene Gröfse negativ und der Quotient mufs also subtrahirt werden.

dene Resultat die Expansion des Wasserdampfes der Atmosphäre im Thaupuncte des Daniell'schen Hygrometers. Hierfür läfst sich dann in der bereits mitgetheilten Tabelle der Dichtigkeiten [1] leicht die zugehörige Dichtigkeit des Wasserdampfes finden. Zwei Beispiele zur Erläuterung des erforderlichen Verfahrens entlehne ich gleichfalls aus der angegebenen Schrift von August.

I. Beisp. Das trockne Thermometer zeigte im Schatten 23°,0 R.; das befeuchtete 15°,4; das auf 0° reducirte Barometer 332,29 Lin.;

die erste Tafel giebt für 15°,4 . . . . 7,72 Lin.
die 2te Tafel giebt für 23°,0 — 15°,4 = 7°,6 u. 15° 2,50 —

Unterschied 5,22 —

Barom. 336''' — 332''',29 = 3,71
Thermom. Untersch. 23°,0 — 15°,4 = 7°,6

in runden Zahlen $\frac{4 \times 8}{1000}$ 0,03

Summe . . 5,26

wofür die erste Tafel den Thaupunct = 10°,4 R. giebt und die Tafel der Dichtigkeiten mit gehöriger Interpolation die Dichtigkeit gegen Luft unter 28 Z. Barometerdruck und 0° R. Temperatur = 0,007928.

II. Beisp. Das trockne Thermometer zeigte 11°,7; das feuchte 9°,4; das Barometer 298''',05;

die erste Tafel giebt für 9°,4 4,87
die zweite Tafel giebt für 11°,7 — 9°,4 = 2°,3 und 10° 0,76

Unterschied 4,11

Barometercorrection = $\frac{2 \times 38}{1000}$ 0,08

Summe . . 4,19

wozu aus der ersten Tafel 7°,5 gehören und also eine Dichtigkeit von 0,006113 gegen Luft.

---

1 S. Art. *Dampf.* Bd. II. S. 385.

I. Tafel der Expansionen.

R	0°,0	0°,1	0°,2	0°,3	0°,4	0°,5	0°,6	0°,7	0°,8	0°,9
—										
10°	0,91	0,90	0,89	0,88	0,87	0,86	0,86	0,85	0,84	0,83
9	1,00	0,98	0,98	0,97	0,96	0,95	0,94	0,93	0,93	0,92
8	1,10	1,09	1,08	1,07	1,06	1,05	1,04	1,03	1,02	1,01
7	1,20	1,19	1,18	1,17	1,16	1,15	1,14	1,13	1,12	1,11
6	1,32	1,31	1,29	1,28	1,27	1,26	1,25	1,24	1,22	1,21
5	1,44	1,43	1,42	1,40	1,39	1,39	1,37	1,35	1,34	1,33
4	1,58	1,56	1,55	1,54	1,52	1,51	1,50	1,48	1,47	1,46
3	1,73	1,71	1,69	1,68	1,66	1,65	1,64	1,62	1,61	1,60
2	1,88	1,87	1,85	1,83	1,82	1,80	1,79	1,77	1,76	1,74
1	2,06	2,04	2,02	2,00	1,99	1,97	1,95	1,93	1,92	1,90
+										
0°	2,24	2,22	2,21	2,18	2,17	2,15	1,13	2,11	2,09	2,07
1	2,44	2,46	2,48	2,51	2,53	2,55	2,57	2,59	2,61	2,64
2	2,66	2,68	2,70	2,73	2,75	2,77	2,80	2,82	2,84	2,87
3	2,89	2,92	2,94	2,97	2,99	3,02	3,04	3,07	3,09	3,12
4	3,14	3,17	3,20	3,22	3,25	3,28	3,30	3,33	3,36	3,39
5	3,41	3,44	3,47	3,50	3,53	3,56	3,59	3,62	3,65	3,67
6	3,70	3,73	3,77	3,80	3,83	3,86	3,89	3,92	3,95	3,99
7	4,02	4,05	4,08	4,12	4,15	4,18	4,22	4,25	4,28	4,32
8	4,35	4,39	4,42	4,46	4,50	4,53	4,57	4,60	4,64	4,67
9	4,71	4,75	4,79	4,83	4,87	4,91	4,94	4,98	5,02	5,06
10	5,10	5,14	5,18	5,22	5,26	5,31	5,35	5,39	5,43	5,47
11	5,52	5,56	5,60	5,65	5,69	5,74	5,78	5,82	5,87	5,91
12	5,96	6,01	6,05	6,10	6,15	6,20	6,24	6,29	6,34	6,39
13	6,44	6,49	6,54	6,59	6,64	6,69	6,74	6,79	6,84	6,89
14	6,95	7,00	7,05	7,11	7,16	7,22	7,27	7,33	7,38	7,44
15	7,49	7,55	7,61	7,66	7,72	7,78	7,84	7,90	7,95	8,01
16	8,07	8,14	8,20	8,26	8,32	8,38	8,44	8,51	8,57	8,63
17	8,70	8,76	8,83	8,89	8,96	9,02	9,09	9,16	9,22	9,29
18	9,36	9,43	9,50	9,57	9,64	9,71	9,78	9,85	9,92	9,99
19	10,07	10,14	10,22	10,29	10,36	10,44	10,51	10,59	10,67	10,74
20	10,82	10,90	10,98	11,06	11,14	11,22	11,30	11,38	11,46	11,54
21	11,63	11,71	11,79	11,88	11,96	12,05	12,13	12,22	12,31	12,39
22	12,48	12,57	12,66	12,75	12,84	12,93	13,02	13,11	13,21	13,30
23	13,39	13,49	13,58	13,68	13,77	13,87	13,97	14,06	14,16	14,26
24	14,36	14,46	14,56	14,67	14,77	14,87	14,97	15,08	15,18	15,29
25	15,39	15,50	15,60	15,71	15,82	15,93	16,04	16,15	16,26	16,38

II. Tafel der Expansions-Unterschiede.

R	R′	0°,0	0°,1	0°,2	0°,3	0°,4	0°,5	0°,6	0°,7	0°,8	0°,9
1	5	0,33	0,36	0,40	0,43	0,46	0,49	0,53	0,56	0,59	0,63
	10	0,33	0,36	0,40	0,43	0,46	0,50	0,53	0,57	0,60	0,63
	15	0,33	0,37	0,40	0,43	0,47	0,50	0,53	0,57	0,60	0,63
	20	0,34	0,37	0,40	0,44	0,47	0,50	0,54	0,57	0,60	0,64
2	5	0,66	0,69	0,72	0,76	0,79	0,82	0,85	0,89	0,92	0,95
	10	0,66	0,69	0,73	0,76	0,79	0,83	0,86	0,89	0,92	0,96
	15	0,67	0,70	0,73	0,77	0,80	0,83	0,86	0,90	0,93	0,96
	20	0,67	0,70	0,74	0,77	0,81	0,84	0,87	0,91	0,94	0,97
3	5	0,99	1,02	1,05	1,08	1,12	1,15	1,18	1,21	1,25	1,28
	10	0,99	1,02	1,06	1,09	1,12	1,15	1,19	1,22	1,25	1,29
	15	1,00	1,03	1,06	1,10	1,13	1,16	1,20	1,23	1,26	1,30
	20	1,01	1,04	1,07	1,11	1,14	1,17	1,21	1,24	1,27	1,31
4	5	1,31	1,34	1,38	1,41	1,44	1,47	1,51	1,54	1,57	1,60
	10	1,32	1,35	1,38	1,42	1,45	1,48	1,51	1,55	1,58	1,61
	15	1,33	1,36	1,39	1,43	1,46	1,49	1,52	1,56	1,59	1,62
	20	1,34	1,37	1,40	1,44	1,47	1,51	1,54	1,57	1,60	1,64
5	5	1,64	1,67	1,70	1,73	1,77	1,80	1,83	1,86	1,89	1,93
	10	1,64	1,68	1,71	1,74	1,78	1,81	1,84	1,87	1,90	1,94
	15	1,65	1,69	1,72	1,75	1,79	1,82	1,85	1,88	1,92	1,95
	20	1,67	1,70	1,74	1,77	1,80	1,84	1,86	1,90	1,94	1,97
6	5	1,96	1,99	2,02	2,06	2,09	2,12	2,15	2,18	2,22	2,25
	10	1,97	2,00	2,03	2,07	2,10	2,13	2,16	2,20	2,23	2,26
	15	1,98	2,01	2,05	2,08	2,11	2,15	2,18	2,21	2,24	2,28
	20	2,00	2,03	2,07	2,10	2,13	2,17	2,20	2,23	2,26	2,30
7	5	2,28	2,31	2,35	2,38	2,41	2,44	2,47	2,51	2,54	2,57
	10	2,29	2,32	2,36	2,39	2,42	2,45	2,49	2,52	2,55	2,58
	15	2,31	2,34	2,37	2,41	2,44	2,47	2,50	2,53	2,57	2,60
8	5	2,60	2,63	2,67	2,70	2,73	2,76	2,79	2,83	2,86	2,89
	10	2,61	2,65	2,68	2,71	2,74	2,77	2,81	2,84	2,87	2,90
	15	2,63	2,66	2,70	2,73	2,76	2,79	2,83	2,86	2,89	2,92
9	5	2,92	2,96	2,98	3,02	3,05	3,08	3,11	3,14	3,18	3,21
	10	2,94	2,97	3,00	3,03	3,06	3,10	3,13	3,16	3,19	3,22
	15	2,96	2,99	3,01	3,05	3,08	3,12	3,15	3,18	3,21	3,25
		0°,0	0°,1	0°,2	0°,3	0°,4	0°,5	0°,6	0°,7	0°,8	0°,9

4) *Kyanometer.* Auch dieser durch H. B. de Saussure erfundene, bereits beschriebene[1] Apparat könnte als meteorologisches Werkzeug angewandt werden, um die Menge der im Luftkreise vorhandenen Dünste zu bestimmen, allein es fehlt ihm die Leichtigkeit der Behandlung und die Bestimmtheit der Bezeichnung, wodurch sich die gangbaren Apparate auszeichnen, weswegen es in den Kreis derselben nicht aufgenommen worden ist.

5) *Regenmafs.* Zu dem, was über dieses wichtige Hülfsmittel meteorologischer Untersuchungen bereits gesagt worden ist[2], wüfste ich nichts weiter hinzuzusetzen, als dessen allgemeinern Gebrauch nochmals dringend zu empfehlen, da unsere Kenntnifs der Regenverhältnisse noch keineswegs so vollkommen ist, als sie billig seyn sollte. Ein von de Witt[3] empfohlenes Regenmafs ist so künstlich zusammengesetzt, dafs es hierdurch und durch Kostbarkeit für den Gebrauch wenig geeignet wird, weswegen ich mich einer weitern Beschreibung desselben überhebe.

6) *Thermometer* und 7) *Windmesser* sind noch zwei dem Meteorologen ganz unentbehrliche Apparate, welche demnächst zur näheren ausführlichen Untersuchung kommen.

III. Meteore.

Die Meteore machen zwar den wesentlichsten Theil der Meteorologie aus, wovon sie auch den Namen erhalten hat, es mufs ihrer Untersuchung jedoch eine Betrachtung der *Atmosphäre*, wo sie ihren Sitz haben, nothwendig vorangehn. Dieser ist zwar bereits[4] ein eigener Artikel gewidmet, allein die vielen seitdem hinzugekommenen Erweiterungen unserer Kenntnifs derselben müssen hier nothwendig nachgetragen werden.

84) Ueber die *Höhe* und *Excentricität* der Atmosphäre hat J. C. E. Schmidt[5] eine ausführliche und gehaltreiche Un-

1 S. Art. *Kyanometer.* Bd. V. S. 1367.

2 S. Art. *Regenmafs.* Bd. VII. S. 1340.

3 Sillimann Amer. Journ. N. XXII. p. 321.

4 S. *Atmosphäre.* Bd. I. S. 439.

5 Lehrbuch der mathematischen und physischen Geographie. Gött. 1830. Th. II. S. 236.

tersuchung angestellt. Hierbei liegt die Betrachtung zum Grunde, dafs jedes Lufttheilchen der Atmosphäre durch drei Kräfte afficirt wird, die Anziehung gegen die Erde, die Schwungkraft und die Anziehung der Lufttheilchen unter sich; weil aber die letztere Kraft als verschwindend zu betrachten ist, so bleiben blofs die beiden ersteren übrig. Es wird dann zugleich vorausgesetzt, dafs die Luft ein die wenig excentrische Erde einschliefsendes, in sich zusammenhängendes Ellipsoid bilde. Die Untersuchung führt übrigens zu dem Resultate, dafs ein durch diese Kräfte erzeugtes vollkommenes Gleichgewicht der Bestandtheile der Atmosphäre nicht statt finde, und man mufs sich daher auf die Aufsuchung eines genäherten beschränken, indem man blofs diejenigen Kräfte berücksichtigt, die in der Richtung der Fall-Linie auf irgend ein Lufttheilchen wirken. Heifst demnach für einen Durchschnitt der ellipsoidischen Erde,
Fig. 267. worin CD die halbe Axe ist, der Halbmesser des Aequators $AC = a$, die Normale MP, in deren Richtung ein in M befindliches Lufttheilchen von der Erde angezogen wird, $= z$, und berücksichtigt man, dafs die Linie MS, welche die Geschwindigkeit des Umschwunges des Lufttheilchens um die Erdaxe bedingt, durch Cos. φ ausgedrückt werden kann, sofern der Winkel $SMR = MRA =$ der Polhöhe ist, bezeichnet man die Schwere unter dem Aequator durch G^o, die Schwungkraft ebendaselbst durch kG^o, so ist die Schwungkraft, womit sich das Luftelement in M der Richtung der Schwere entgegen zu entfernen strebt,

$$= kG^o . \frac{z}{a} . \text{Cos.}^2 \varphi.$$

Wird ferner der Druck, welchen ein Lufttheilchen in M erleidet, durch p und seine Dichtigkeit durch ϱ, die Kraft aber, womit es in der Richtung der Normale von der Erde angezogen wird, durch V ausgedrückt, so ist

$$\frac{dp}{\varrho} = dz \left(kG^o . \frac{z}{a} . \text{Cos.}^2 \varphi - V\right).$$

Um hierin den Werth von V zu finden, ist zu berücksichtigen, dafs, wenn G^o die Schwere unter dem Aequator, G dieselbe unter irgend einem Breitengrade, R den Krümmungshalbmesser und z die Entfernung MP bezeichnet,

$$V = G\left(\frac{R}{R + z}\right)^2$$

wird. Ist dann die halbe grofse und kleine Axe durch a und b bezeichnet, so hat man, die Coordinaten des Punctes P durch x und y ausgedrückt, bei der Ellipse

$$R = \frac{[a^4 - (a^2 - b^2) x^2]^{\frac{3}{2}}}{a^4 b},$$

und wenn b = a (1 — e) für eine Abplattung = e gesetzt wird,

$$R = \frac{[a^2 - 2 e x^2]^{\frac{3}{2}}}{a^2 (1 - e)}.$$

Ferner ist für die Polhöhe φ beim Ellipsoid der Erde

$$\text{Tang.}\,\varphi = \frac{1}{1-e} \cdot \frac{\sqrt{a^2 - x^2}}{x}.$$

Hieraus folgt

$$x = a \,\text{Cos.}\,\varphi (1 - e \,\text{Sin.}^2 \varphi),$$

diesen Ausdruck in den für R substituirt erhält man

$$R = a [1 - e (1 - 3 \,\text{Cos.}^2 \varphi)]$$

und diesemnach

$$\left(\frac{R}{R+z}\right)^2 = \left(\frac{1 + e (1 - 3 \,\text{Cos.}^2 \varphi)}{1 + e (1 - 3 \,\text{Cos.}^2 \varphi + \frac{z}{a}}\right)^2.$$

Ferner gilt für unsere Erde[1] das Gesetz, dafs nach Clairaut's Theoreme die Schwere unter dem Aequator nach den Polen hin wächst um eine Gröfse, welche dem Producte des Zweiundeinhalbfachen der Schwungkraft weniger der Abplattung in das Quadrat des Sinus der Breite proportional ist. Hiernach wird

$$G = G^o [1 + (\tfrac{5}{2} k - e) \,\text{Sin.}^2 \varphi]$$

und also auch

$$V = G \left(\frac{R}{R+z}\right)^2$$

$$= G^o . \left[\left(\frac{a}{a+z}\right)^2 + 2 e \frac{z}{a} \left(\frac{a}{a+z}\right)^3 (1 - 3 \,\text{Cos.}^2 \varphi) + \left(\frac{a}{a+z}\right)^2 (\tfrac{5}{2} k - e) \,\text{Sin.}^2 \varphi . \right].$$

Weil hierin $\frac{z}{a}$ ein kleiner Bruch ist und noch aufserdem mit der Abplattung e multiplicirt wird, so kann man den

1 S. Art. *Erde*. Bd. III. S. 923.

Factor $\left(\frac{a}{a+z}\right)^3$ der Einheit gleich setzen und $\left(\frac{a}{a+z}\right)^2$ $= 1 - \frac{2z}{a}$. Ferner ist die Abplattung bei der Erde dem Verhältnifs der Schwungkraft zur Schwere so nahe gleich, dafs man ohne merklichen Fehler beide einander gleich setzen kann. Diesemnach wird der erhaltene Ausdruck einfacher und man erhält

$$V = G^0 \left[\left(\frac{a}{a+z}\right)^2 + \tfrac{1}{2} k \operatorname{Sin.}^2 \varphi - k\frac{z}{a}(4 - 3 \operatorname{Sin.}^2 \varphi)\right].$$

Diesen Werth von V in die obere Gleichung für das Verhältnifs des Druckes zur Dichtigkeit substituirt erhält man

$$\frac{dp}{G^0 \varrho} = -\left(\frac{a}{a+z}\right)^2 dz - \tfrac{1}{2} k \operatorname{Sin.}^2 \varphi . dz$$
$$+ \frac{kz}{a}(5 - 4 \operatorname{Sin.}^2 \varphi).dz,$$

wobei blofs z als veränderlich zu betrachten ist. Bekanntlich kann auch der Druck $= p$ als eine Function der Dichtigkeit und der Temperatur betrachtet werden. Setzt man diesemnach

$$p = \mu \varrho,$$

bezeichnet ferner α den Factor der Ausdehnung der Luft durch die Wärme, welche durch die Grade t irgend einer Thermometerscale ausgedrückt wird, und nimmt man an, dafs für irgend eine Temperatur, z. B. für 0° C. $\mu = M$ sey, so ist für eine Temperatur $= t$ der Werth von p

$$p = M \varrho (1 + \alpha t).$$

Wird aus beiden Gleichungen ϱ eliminirt, so erhält man

$$\frac{M dp}{G^0 p} = -\left(\frac{a}{a+z}\right)^2 \cdot \frac{dz}{1+\alpha t} - \tfrac{1}{2} k \operatorname{Sin.}^2 \varphi \frac{dz}{1+\alpha t}$$
$$+ \frac{kz}{a}(5 - 4 \operatorname{Sin.}^2 \varphi).\frac{dz}{1+\alpha t}.$$

Für die Anwendung sind noch einige keineswegs vollständig begründete, mindestens aber von der Wahrheit nicht sehr entfernte Voraussetzungen erforderlich. Dahin gehört die einer nach oben gleichmäfsigen Abnahme der Temperatur. Heifst dann die Höhe, bis zu welcher man sich erheben mufs, damit das Thermometer um einen Grad C. falle, $= h$ und die Temperatur an der Erdoberfläche $= t'$, so wird

$$t = t' - \frac{z}{h}$$

und da die Höhe der Atmosphäre auf jeden Fall gegen den Halbmesser der Erde klein ist, so kann immerhin

$$\left(\frac{a}{a+z}\right)^2 = 1 - \frac{z^2}{a} + \frac{3z^2}{a^2}$$

gesetzt werden. Hiernach wird die obere Gleichung

$$\frac{M\,dp}{G^o p} = -(1+\tfrac{1}{2}k\ \mathrm{Sin.}^2\varphi)\,\frac{dz}{1+\alpha t}$$
$$+\frac{z+5k-4k\ \mathrm{Sin.}^2\varphi}{a}\cdot\frac{z\,dz}{1+\alpha t}$$
$$-\frac{3}{a^2}\cdot\frac{z^2\,dz}{1+\alpha t}.$$

Unter der gemachten Voraussetzung des Zusammenhanges zwischen den Gröſsen h und t findet Schmidt die Integrale für diesen Ausdruck

$$\int\frac{z^2\,dz}{1+\alpha t} = -\frac{h z^2}{2\alpha} + \frac{h(1+\alpha t')}{\alpha}\int\frac{z\,dz}{1+\alpha t}$$
$$\int\frac{z\,dz}{1+\alpha t} = -\frac{hz}{\alpha} + \frac{h(1+\alpha t')}{\alpha}\int\frac{dz}{1+\alpha t}$$
$$\int\frac{dz}{1+\alpha t} = -\frac{h}{\alpha}\ \mathrm{Log.}\ (1+\alpha t),$$

mithin giebt die Gleichung integrirt, wenn man zur Bestimmung der Constante den Druck an der Oberfläche der Erde durch p' bezeichnet, wobei dann $z=0$ wird,

$$\frac{\alpha M}{hG^o}\ \mathrm{Log.}\ \frac{p}{p'} = \mathrm{Log.}\ \frac{(1+\alpha t'-\frac{\alpha z}{h})}{1+\alpha t}\left(\begin{array}{l} 1+\frac{3}{2}k\,\mathrm{Sin.}^2\varphi \\ -\frac{2+5k-4k\mathrm{Sin.}^2\varphi}{a}\cdot\frac{h}{\alpha}(1+\alpha t) \\ +\frac{3h^2}{\alpha^2}\cdot\frac{(1+\alpha t')}{a^2}\end{array}\right)$$
$$-z\left(\frac{2+5k-4k\,\mathrm{Sin.}^2\varphi}{a} - \frac{1+\alpha t'}{a^2}\cdot\frac{h}{\alpha}\right)$$
$$+\frac{3z^2}{2a^2}.$$

An der Grenze der Atmosphäre verschwindet der Druck, p wird $=0$ und Log. $\frac{p}{p'} = -\infty$. Um den hinter dem Gleichheitszeichen stehenden Theil gleichfalls $= -\infty$ zu machen, muſs

$$\text{Log.}\left(\frac{1+\alpha t'-\frac{\alpha z}{h}}{1+\alpha t}\right)=-\infty$$

seyn, welches der Fall ist, wenn $1+\alpha t'-\frac{\alpha z}{h}=0$ wird, und der hieraus hervorgehende Werth von z zeigt die Höhe der Atmosphäre an. Heiſst dieser z', so ist

$$z'=\frac{h}{\alpha}(1+\alpha t'),$$

und wenn er an derjenigen Stelle der Erde, wo die mittlere Temperatur = 0, also t' = 0 ist, durch z^o bezeichnet wird, so ist

$$z^o=\frac{h^o}{\alpha},$$

also aus beiden Gleichungen α eliminirt giebt

$$z'=z^o\frac{h}{h^o}\left(1+\frac{h^o}{z^o}t'\right)$$

$$=h\left(\frac{z^o}{h^o}+t'\right).$$

Um hieraus die Höhe der Atmosphäre zu finden, nimmt Schmidt an, daſs unter 80° Breite die mittlere Temperatur = 0 sey und 500 Fuſs Erhebung einer Verminderung von 1° C. zugehöre, oder daſs $h^o=500$, unter dem Aequator dagegen $h=600$ sey. Heiſst dann allgemein

$$h=r-q\ \text{Sin.}^2\varphi,$$

so wird $r=600$ und $q=103{,}1$, also

$$h=600-103{,}1\ \text{Sin.}^2\varphi.$$

Ist ferner die mittlere Temperatur unter dem Aequator = 25° C. und allgemein

$$t'=t-s.\ \text{Sin.}^2\varphi,$$

so ist $t=25$, $s=25{,}8$, folglich

$$t'=25-25{,}8\ \text{Sin.}^2\varphi.$$

Mit diesen Werthen wird

$$z'=h\left(\frac{z^o}{h^o}+t'\right)$$

und da

$$\frac{z^o}{h^o}=\frac{1}{\alpha}=\frac{1}{0{,}00375}=266\tfrac{2}{3}$$

ist, so erhält man

$$z' = (600 - 103{,}1 \text{ Sin.}^2 \varphi)(291\tfrac{2}{3} - 25{,}8 \text{ Sin.}^2 \varphi)$$
$$= 175000 - 45551 \text{ Sin.}^2 \varphi + 2660 \text{ Sin.}^2 \varphi,$$

wonach die Atmosphäre unter dem Aequator = 175000 F. und unter dem Pole = 132109 F. Höhe haben würde.

85) Die hier mitgetheilte Darstellung verdient vorzüglich wegen der Eleganz des Calcüls Aufmerksamkeit; sonst aber kann man unter den angegebenen Voraussetzungen weit leichter zu demselben Resultate gelangen. Wenn nämlich der absolute Nullpunct bei — $266\frac{2}{3}$ Centesimalgraden liegt, über diesen Punct hinaus aber keine Luft mehr bestehn kann, wenn ferner die Temperatur unter dem Aequator = 25° C. ist und 600 Fuſs Höhe für 1° Wärmeabnahme gehören, so folgt nothwendig die Höhe der Atmosphäre unter dem Aequator

$$z = (266\tfrac{2}{3} + 25) \times 600 = 175000 \text{ F.}$$

Ist dagegen die Temperatur unter dem Pole = — t' in Centesimalgraden und gehören dort 500 Fuſs Erhebung für 1° C. Wärme-Abnahme, so ist dort die Höhe

$$z' = (266\tfrac{2}{3} - t) \times 500 \text{ Fuſs};$$

allein die schwierige Frage ist eben, ob alle diese Bedingungen sich wirklich in der Natur finden, was auf jeden Fall nicht wahrscheinlich ist[1]. Die auf diese Weise gefundene Höhe ist übrigens ausnehmend klein und beträgt nur 7,66 geographische Meilen, die letztere = 22842 par. Fuſs angenommen, die Dichtigkeit der Luft an der Grenze würde ungefähr 0,001 derjenigen im Niveau des Meeres nach dem Mariotte'schen Gesetze betragen, die mittlere Temperatur = 0° C. angenommen; ihre Dichtigkeit wird jedoch bei der vorausgesetzten Wärme-Abnahme bedeutend geringer, da die niedrigern Schichten eine gröſsere Dichtigkeit hierdurch erhalten, mithin die an der äuſsern Grenze dünner werden muſs, um bis zu der angenommenen Höhe hinaufzureichen.

86) Die Excentricität der Atmosphäre läſst sich aus der mitgetheilten Formel gleichfalls finden, leichter kommt man jedoch zum Ziele, wenn man die halbe groſse Axe des Ellipsoids aus der Summe des Erdhalbmessers unter dem Ae-

---

1 Eine ähnliche Methode zur Bestimmung der Höhe der Atmosphäre von Kazız in Wiener Zeitschrift Th. VIII. S. 420. erwähne ich nur beiläufig, da ihre ausführliche Beurtheilung zu weit führen würde.

quator + der Höhe der Atmosphäre daselbst, die halbe kleine aber aus der halben Erdaxe + der Höhe der Atmosphäre unter dem Pole findet. Hieraus erhält man eine Abplattung $= \frac{1}{177}$, eine Bestimmung, die gleichfalls auf der Richtigkeit der angenommenen Voraussetzung beruht.

87) Eine bekannte Aufgabe ist, diejenige Höhe der Atmosphäre zu suchen, wo sie noch Dichtigkeit genug besitzt, das Licht zu reflectiren. Aufser den Berechnungen, die hierüber bereits mitgetheilt worden sind[1], verdient noch bemerkt zu werden, dafs Brandes[2] diese Methode, wegen der vielseitig bedingten Reflexion des Lichts bei der Dämmerung, für sehr unzuverlässig hält und nur eine Höhe von 3,5 geograph. Meilen annimmt, in welcher die Luft zur Reflexion des Lichts noch Dichtigkeit genug besitzt. Dieses stimmt sehr genau mit demjenigen Resultate überein, welches Thom. Young[3] auf einem andern Wege gefunden hat. Aus der Strahlenbrechung ergiebt sich nämlich, dafs die Dichtigkeit der Luft, die erforderlich ist, um den Lichtstrahl von seiner geraden Bahn abzulenken, nicht höher als bis 95550 engl. Fufs über der Erdoberfläche, also bis 3,118 geogr. Meilen reicht. Nach E. Schmidt[4] dagegen folgt aus der Dämmerung eine Höhe der Atmosphäre, die der oben gefundenen, nämlich 7,66 ziemlich nahe kommt. Als Endresultat aller dieser Untersuchungen geht hervor, dafs die Frage über die Höhe, bis zu welcher unsere Atmosphäre reicht, noch keineswegs genügend beantwortet worden ist.

88) Die wesentlichen *Bestandtheile* der atmosphärischen Luft sind Sauerstoffgas und Stickgas, und man ist noch fortwährend der Meinung, dafs das quantitative Verhältnifs beider, nämlich 0,21 des ersteren und 0,79 des letzteren, dem Volumen nach, ein constantes sey. Merkwürdig in dieser Beziehung ist aber, dafs die durch Parry mitgebrachte, im Winterhafen und zu Igloolik aufgefangene Luft nach der Analyse von Faraday nur 0,205885 Sauerstoffgas gab, statt dafs er

---

1 S. *Atmosphäre*. Bd. I. S. 448.
2 S. Art. *Dämmerung*. Bd. II. S. 277.
3 Philos. Trans. 1824. P. I. p. 160.
4 A. a. O. S. 317.

von der im Royal Institution genommenen und auf gleiche Weise analysirten stets 0,219625 erhielt, so dafs diese also 1,374 Procent mehr Sauerstoffgas enthielt[1]. Man könnte hiernach auf die Vermuthung geleitet werden, dafs der in jenen Gegenden namentlich durch die Respiration der See- und Landthiere statt findende Verlust wegen Mangels an Vegetation nur erst in längerer Zeit durch das Herbeiströmen von Luftmassen aus der Ferne wieder ersetzt werde.

89) Dafs der Gehalt der atmosphärischen Luft an Kohlensäure veränderlich sey, wufste man schon seit langer Zeit, auch hatte Th. de Saussure[2] durch frühere Versuche bereits gefunden, dafs die Menge der vorhandenen Kohlensäure bei Nacht gröfser sey, als am Tage; ebenderselbe hat aber durch Messungen, die von 1816 bis 1829 unter den verschiedensten Umständen vorgenommen wurden, den Zusammenhang dieser Veränderlichkeit mit den bewirkenden Ursachen auszumitteln gesucht und nach einer vorläufigen Anzeige der auffallendsten Resultate[3] das Ergebnifs des Ganzen vollständig mitgetheilt[4]. Das ausführlich beschriebene Verfahren, um die Menge der in der Luft enthaltenen Kohlensäure mit gröfster Schärfe zu ermitteln, ist sehr zusammengesetzt, weswegen hier nur erwähnt werden möge, dafs Barytwasser dabei als Prüfungsmittel angewandt und die Quantität des Gases aus dem Gewichte des gebildeten Carbonats gefunden wurde. Der Ort für die Hauptversuche war eine Wiese bei Chambaisy, etwa ½ Stunde von Genf, doch sind andere mit Luft über dem See, über der Stadt u. s. w. angestellt worden, auch dienen vorzugsweise die aus den Jahren 1827, 1828 und 1829 als Grundlage der mitgetheilten Bestimmungen. Als äufserste Grenzen der Menge der vorhandenen Kohlensäure können 0,0574 und 0,0315 betrachtet werden, als Mittel 0,0415, jedoch reichen drei Jahre lang fortgesetzte Beobachtungen ebensowenig hin, diese mittlere Gröfse genau zu bestimmen, als dieses bei den

1 Appendix to Capt. Parry's Second Voyage cet. Lond. 1825. 4. p. 240.

2 Biblioth. univ. T. I. G. LIV. 217.

3 Ann. Chim. Phys. T. XXXVIII. p. 411. Bibl. univ. T. XXXIX. Wiener Zeitschrift Th. V. S. 356. Poggendorff Ann. XIV. 390.

4 Wiener Zeitschrift Th. VIII. S. 341. Aus Mémoires de la Soc. de Phys. et d'Hist. nat. de Genève. 1830. T. V. Vergl. Ann. Ch. Ph. T. XLIV. p. 5. Poggendorff Ann. XIX. 391.

Regenmengen und andern meteorologischen Processen der Fall ist. Der Regen vermindert den Kohlensäuregehalt, weil sich dieses Gas mit dem Wasser oder der befeuchteten Erde verbindet, doch kann ein plötzlicher Regen eine Vermehrung herbeiführen, vermuthlich weil das im Boden enthaltene Gas dadurch ausgetrieben wird, das Gefrieren dagegen vermehrt den Gehalt an Kohlensäure, so wie anhaltende Trocknifs, weil beide die Absorption durch das Wasser hindern, welcher Ursache es auch zuzuschreiben ist, dafs die über dem See aufgefangene Luft eine geringere Quantität dieses Gases zeigte. In der Stadt war der Gehalt an Kohlensäure am Tage gröfser, als auf dem Lande, nahm aber dort in der Nacht weniger zu, als hier, und zeigte übrigens an beiden Orten den nämlichen Wechsel. Um den Einflufs der Berge auszumitteln, wurden vergleichbare Versuche im Kalkgebirge des Jura und Saléve ungefähr 3 Stunden von Chambaisy angestellt, woraus hervorging, dafs der Kohlensäure-Gehalt auf Bergen gröfser ist, als in der Ebene, dafs er in der Nacht nur wenig wächst und übrigens an den durch Jahreszeit und Feuchtigkeitszustand bedingten Veränderungen Theil zu nehmen scheint, obgleich der letztere sich nicht stets mit Sicherheit ermitteln läfst. Die Ursache der gröfsern Menge mufs in der geringern Zersetzung durch mangelnde Vegetation oder darin zu suchen seyn, dafs das Regenwasser schneller abläuft. Ein starker Wind bewirkt Vermehrung, weil dann die reicheren oberen Schichten mit den unteren vermengt werden; indefs wirkt hierbei die Gegend, woher die bewegte Luft kommt, sehr bedingend ein, so dafs vielmehr eine Verminderung erfolgt, wenn sie aus feuchten Gegenden herbeiströmt. Am entschiedensten ist das Resultat, dafs bei Nacht in der Ebene auf freiem Felde die Menge der vorhandenen Kohlensäure zunimmt, was wohl ohne Zweifel eine Folge der geringeren Zersetzung ist und daher im Winter weniger stark hervortritt. Das Maximum des Kohlensäure-Gehalts zeigt sich daher gegen Ende der Nacht, das Minimum in der Mitte des Tags, und der Unterschied beträgt etwa $\frac{1}{33}$ der Gasmenge bei Tage. Regen und Verdunkelung des Himmels vermindern diesen Unterschied etwas, Thau und starker Temperaturwechsel befördern ihn dagegen, Wind macht ihn ganz ver-

schwinden. Weil übrigens dieser tägliche Wechsel auch im Winter statt findet, so mufs dabei ein von der Vegetation unabhängiger Grund einwirken, welchen de Saussure in einer durch die Luftelektricität bewirkten Zersetzung der Kohlensäure sucht. Es bleibt jedoch fraglich, ob die Elektricität bei ihrem geringen Grade der Spannung eine Zersetzung bewirken könne und ob die Ursache nicht vielmehr in dem Herabsinken der höhern Luftschichten zu suchen sey, welches während der Nacht bei Windstille, und wenn die entgegengesetzte, aufwärts gerichtete Bewegung der über dem Boden erwärmten Luft aufhört, wohl unfehlbar statt findet. Auf jeden Fall dürfen die durch Th. de Saussure mitgetheilten Bestimmungen für richtig gelten, denn Brunner[1] suchte durch ein abgeändertes Verfahren den Kohlensäure-Gehalt zu bestimmen, erhielt aber gleiche Resultate als jener.

90) Das Resultat der Untersuchungen Vogel's, wonach über der Ostsee und über dem Canale der Gehalt an Kohlensäure bis zum Verschwinden gering seyn soll, ist bereits erwähnt worden. Aus dieser Ursache und aus dem Vorhandenseyn schwacher Spuren von salzsauren Salzen leitet Fodéré[2] die Heilsamkeit der Luft an den Küsten des mittelländischen Meeres bei Lungenübeln ab. Roubaudi[3] prüfte die Sache genauer, indem er Glaskugeln mit einer Kältemischung, aus Eis und Schwefelsäure bestehend, theils am Ufer, theils über der See aufhing, den auf der Oberfläche gebildeten Niederschlag aufsammelte und mit Reagentien prüfte. Hieraus ergab sich, dafs bei ruhiger See sich keine Salztheile oder sonstige verunreinigende Substanzen in dem niedergeschlagenen Dunste zeigten, welcher sich vielmehr ganz wie reines Wasser verhielt; bei wogender See aber, insbesondere im Bereiche des von ihr her wehenden Windes, kamen in dem Niederschlage deutliche Spuren von Salzen zum Vorschein, die also mechanisch fortgerissen seyn mufsten. Die Wirkung erstreckte sich nicht weiter als bis auf etwa 100 Schritt vom Ufer. Auch Lenz[4] überzeugte sich, dafs die Luft über dem Meere geringe

---

1 Poggendorff Ann. XXIV. 569.

2 Voyage aux Alpes marit. T. II. p. 256.

3 Journal de Pharmacie 1833. Nov. Lond. and Edinb. Phil. Mag. N. XVIII. p. 465.

4 Mém. de Petersb. VIme Sér. T. I. p. 327.

Spuren von Kochsalz enthalte, die dem feinen, mechanisch fortgerissenen Wasserstaube adhäriren.

91) Ueber die *Miasmen*, überhaupt über die Ursachen, welche die Luft verderben, und die Veränderungen, die sie dadurch erleidet, sind eine Menge schätzbare Untersuchungen angestellt worden. Die ernstlich durch einen berühmten Physiologen, Dr. Prout[1], aufgestellte Behauptung, daſs das Gewicht der Luft während der Cholera vermehrt sey, kann von den Physikern nicht wohl anders, als mit einigem Unglauben aufgenommen werden, da sich bei gleichzeitig unverändertem Barometerstande nicht füglich eine Veränderung denken läſst, welche dieses Resultat zur Folge gehabt hätte. Nach den gehaltreichen Versuchen von Marcet[2] dagegen verderben die Schwämme während ihrer Vegetation die Luft, indem sie sowohl bei Tage als auch bei Nacht während weniger Stunden eine groſse Menge Sauerstoffgas in Kohlensäure verwandeln, so daſs binnen 12 Stunden fast die ganze, in der Campane enthaltene Quantität absorbirt war. Auſserdem hauchen sie während ihrer Vegetation noch ein Quantum kohlensaures Gas aus, wodurch das Volumen der Luft vergröſsert wird, und dieses ist nach begonnener Zersetzung derselben nicht der Fall. Vogel[3] entdeckte vermittelst salpetersaurer Silbersolution in der Luft seines Hörsaals organische Materie, und da diese sich nicht zeigt, wenn man wiederholt und lange anhaltend die Luft aus den Lungen in eine sehr verdünnte Solution bläst, so schlieſst er hieraus, daſs jene Materie durch die Hautausdünstung erzeugt werde. Die Verunreinigung der Luft durch technische Processe haben auch d'Arcet[4] und andere beobachtet, daſs unter andern Lackmuspapier in London selbst in Zimmern geröthet wird; der Regen röthet dasselbe dort gleichfalls, und es zeigen sich im Regenwasser Spuren von schwefeliger und Schwefelsäure, die durch das Verbrennen der Steinkohlen in so groſser Menge und durch sonstige leicht zu errathende Ursachen erzeugt sich in der Atmosphäre schwe-

---

1 Edinburgh New Phil. Journ. N. XXX. p. 395.

2 Mém. de la Soc. de Phys. et d'Hist. nat. de Genève. 1834. Ann. Ch. Ph. LVIII. p. 407. Edinb. New Phil. Journ. N. XXXVIII. p. 232.

3 Journ. de Pharmac. 1835. Juin. p. 319.

4 Journal de Chimie médicale. 1834. Mai. p. 292.

bend befinden. Vielleicht ist es Folge der jetzigen feineren Prüfungsmittel oder der vermehrten Gewerbe, dafs gegenwärtig solche Verunreinigungen der Atmosphäre so häufig aufgefunden werden, denn auch A. Chevallier[1] giebt als vorläufiges Resultat seiner Untersuchungen an, dafs in der atmosphärischen Luft über Paris und auch an andern Orten Ammoniak enthalten sey, sogar auch sonstige Stoffe, was wohl um so weniger zu bezweifeln ist, da Arthur Dunn[2] sogar die Anwesenheit von Blei nachgewiesen hat. Aus gewissen Anzeigen bei den Arbeitern seiner Bleiweifsfabrik wurde er zuerst auf diese Vermuthung geleitet, er erhitzte daher ein Abdampfungsgefäfs mit 28 ℔. nassem kohlensaurem Blei im Sandbade bis zur Temperatur der Trockenstuben, welche nie über 65° C. steigt, befestigte 8 bis 12 Fufs darüber einen Blasebalg und trieb mittelst desselben die Luft durch eine Phiole mit 12 Unzen reinem Wasser, gesäuert durch 2 Drachmen Salpetersäure. Nachdem dieses 6 Stunden fortgesetzt worden war, ergab die Untersuchung die Anwesenheit einer mefsbaren Quantität Bleiweifs, ja es zeigte sich auch eine Spur dieser Substanz in dem Wasser einer offenen Schale, die in der Nähe jener Phiole ruhig gestanden hatte.

92) Ausführliche Untersuchungen über die Verunreinigungen der Atmosphäre, vorzüglich auch die Miasmen, hat Boussingault[3] angestellt. Nach ihm werden die letzteren da erzeugt, wo vegetabilische[4] Stoffe durch Wärme und Feuchtigkeit eine Zersetzung erleiden, in sumpfigen Gegenden, bei grofsen Waldungen, bei stagnirendem Wasser, besonders wenn dieses aus süfsem und salzigem gemischt ist. Den Beobachtungen nach soll das Miasma ein schwereres Gas seyn, als Luft, und sich hauptsächlich in Niederungen, mit Thau vermischt, absetzen, vorzüglich bei Untergang der Sonne. So fand es Moscati, und aufser ihm erhielt auch Rigaud de l'Isle in den Morästen von Languedoc ein flockiges Concre-

1 L'Institut. 1834. N. 75.

2 Lond. and Edinb. Phil. Mag. Nr. XXXVII. p. 77.

3 L'Institut. 1834. N. 67. Ann. Chim. Phys. T. LVII. p. 151.

4 Thierische Stoffe werden nicht speciell mit genannt, allein es unterliegt wohl keinem Zweifel, dafs diese ebensoviel und wohl noch mehr zur Erzeugung der Miasmen beitragen, als die vegetabilischen.

ment aus dem Thauwasser, welches stickstoffhaltig schien und mit salpetersaurem Silber einen purpurfarbnen Niederschlag bildete. BOUSSINGAULT stellte im Jahre 1829 zu Carthago und zu la Vega de Zupia in Amerika an einem sumpfigen Orte bei Sonnenuntergang zwei Uhrgläser auf ein Bret, das eine mit heifsem Wasser, das andere mit kaltem. Blofs auf dem letzteren schlug sich der Thau schnell nieder, in jedes wurde ein Tropfen Schwefelsäure gegossen und zur Trocknifs abgedampft, wobei das heifse Glas ganz rein blieb, das kalte einen kohlenstoffhaltigen Ueberzug zeigte. Im folgenden Jahre trieb er eine grofse Menge solcher über Sümpfen aufgefangener, getrockneter Luft durch glühende gläserne Röhren und erhielt in dem vorgelegten salzsauren Kalke aus 305 bis 310 Gramm zuweilen 0,05 Gramm Wasser, wovon er meint, dafs es durch Zersetzung der enthaltenen organischen Substanzen gebildet sey; das Wasser erschien jedoch nicht, wenn das Gas durch Schwefelsäure getrieben war. Er selbst hält diese Versuche nicht für zahlreich genug, um ein bestimmtes Resultat herbeizuführen, jedoch scheinen sie ihm die Anwesenheit von fein vertheilten Miasmen in der untersuchten Luft zu beweisen. Auch Wasserstoffgas, und zwar kohlenstoffhaltiges, zeigte sich bei Gelegenheit jener Untersuchungen in der Luft anwesend. Schon TH. DE SAUSSURE hat dieses aus seinen Analysen gefolgert, weil er nach dem Verpuffen von reinem Wasserstoffgas mit Luft, die von ihrer Kohlensäure gänzlich gereinigt war, stets etwas Kohlensäure wieder erhielt. BOUSSINGAULT wählte ein dem oben angegebenen ähnliches Verfahren, um durch das vorhandene Wasserstoffgas Wasser zu bilden, und fand auf diese Weise im Mittel aus 11 Versuchen 0,000076 dem Volumen nach Wasserstoffgas in der Luft, welches er jedoch nicht für rein, sondern mit Kohlenstoff gemischt hält. Fortgesetzte Versuche zu Paris ergaben gleichfalls die Anwesenheit einer geringen und wechselnden Menge von Wasserstoffgas in der atmosphärischen Luft. Nicht unwichtig ist noch die Bemerkung von BOUSSINGAULT[1], dafs nach seinen Beobachtungen stets Seuchen entstehn, wenn Colonisten in Amerika Urwälder umhauen, und die Bäume dann verfaulen.

1 Ann. Chim. Phys. T. LVII. p. 151.

Einige interessante Betrachtungen [1] über die *Malaria* zwischen Rom und Neapel führen zu dem Resultate, daſs die dortigen Miasmen in früheren Zeiten weniger schädlich waren, weil man damals wollene Kleider trug, denn Brocchi, welcher fand, daſs das mit dem Miasma impregnirte Wasser leicht faulige Substanzen zeigt, ist der Meinung, daſs die Ansteckung nicht durch die Lungen, sondern durch die Haut statt finde, weswegen auch die Schafheerden nicht davon leiden. Dieses ist jedoch wohl mehr oder allein die Folge der bei ihnen fehlenden Receptivität für solche Krankheiten. Mac Culloch [2] hat viele Untersuchungen über die Miasmen in Italien und über die Krankheiten angestellt, die sie erzeugen. Auf jeden Fall muſs man die Malaria, die in einer schleichenden Abmagerung, verbunden mit einem Schwinden der Stimme, besteht und leicht tödtlich wird, von den gewöhnlichen intermittirenden Marschfiebern unterscheiden, die bei guter Behandlung geheilt werden. Die Malaria soll sich nur an einzelnen Orten, und zwar jederzeit an vulcanischen, zeigen. Leider ist eine genaue Untersuchung des Gegenstandes mit zu groſser Gefahr verbunden, als daſs wir hoffen dürften, über den eigentlichen Charakter und die Ursachen dieser nachtheiligen Einwirkungen auf die Gesundheit genaue Auskunft zu erhalten [3].

93) Die verschiedenen Mittel zur *Desinficirung* der Luft, zur Reinigung derselben von den nachtheiligen Bestandtheilen, namentlich der Miasmen, sind durch einige zweckmäſsige Vorschläge vermehrt worden. Minder bedeutend ist wohl die durch Henry [4] vorgeschlagene Zerstörung der nachtheiligen Stoffe durch heiſse Luft, Faraday [5] dagegen empfiehlt zur Reinigung von ausgeleerten Räumen, Krankenhäusern, Gefängnissen u. s. w. flache Schüsseln anzuwenden, in diese eine Mengung von gleichen Theilen Kochsalz und Braunstein zu schütten und eine erkaltete

---

1 Edinburgh New Phil. Trans. N. XXVII. p. 114.

2 Ebend. N. XXXIII. p. 161.

3 Ueber die dort herrschenden Krankheiten handelt sehr ausführlich: J. B. Montfalcon Histoire médicale des Marais et des Maladies causées par les émanations des eaux stagnantes. Par. 1825. 8. 2me éd. Par. 1829.

4 Journ. de Pharmac. 1832. N. V. p. 229.

5 Quarterly Journ. of Science, Lit. and Arts. 1824.

Mischung aus einem Theile Schwefelsäure und einem Theile Wasser zu gieſsen, dieses dann ohne Anwendung von Wärme 5 bis 6 Tage stehn zu lassen, damit das Gas überall eindringt. Am wichtigsten ist wohl die Anwendung des salzsauren Kalkes (*Chlorcalcium*), die schon früher durch v. Stahl in Augsburg angegeben wurde[1], neuerdings aber durch Labarraque und Masuyer allgemein bekannt geworden ist[2]. Wird diese Substanz befeuchtet, so entwickelt sich das Chlor allmälig in dem Maſse, als der Kalk die Kohlensäure aufnimmt, und diese langsame Entbindung ist dann für die Respiration nicht gefährlich, wie die schnelle Entwickelung aus Kochsalz und Braunsteinpulver durch Schwefelsäure leicht werden kann.

94) Bei der Untersuchung der Bestandtheile der Atmosphäre kommt auch das *Dalton'sche Gesetz* in Betrachtung, dessen Einfluſs auf das barometrische Höhenmessen vorzüglich wichtig ist. Unter andern fand auch La Place[3] dasselbe mit den Erscheinungen nicht übereinstimmend. Unterdeſs hat Benzenberg[4] dasselbe in einer eigenen, auch das Geschichtliche enthaltenden Schrift vertheidigt, Gauss[5] zeigte jedoch bei der Beurtheilung derselben, daſs durch Anwendung dieser Theorie der Fehler beim barometrischen Höhenmessen gerade umgekehrt vielmehr vergröſsert als beseitigt werde.

95) Die *blaue Farbe* der Atmosphäre ist von mir für subjectiv erklärt worden, weil im weiſsen Tagslichte das Gelb vorherrschend ist, welchem subjectiv das Blau entgegensteht. Hiermit stimmen die Erscheinungen vollkommen überein, denn dem tiefen Gelb steht das helle Blau subjectiv entgegen, dem hellen das dunkle, welches letztere um so mehr in Schwarz übergeht, je mehr ersteres sich dem Weiſs nähert, weswegen also der trübere Himmel beim stärkeren Durchdringen der gelben und rothen Strahlen hellblau, ein klarer dunkelblau erscheint und auf groſsen Höhen, insbesondere auf weiſsen Schneebergen, in Schwarz übergeht. Gegen die gewöhnliche

---

1 Wetzler über den Nutzen und Gebrauch des nach der Vorschrift des H. Apothekers v. Stahl entwickelten oxydirt-salzsauren Gases u. s. w. Augsb. 1825. 8.

2 Ann. Chim. Phys. T. XXIX. p. 85.

3 Mécan. cél. T. V. p. 110.

4 Ueber die Dalton'sche Theorie. Düsseld. 1830. 8.

5 Gött. Gel. Anz. 1830. St. 196. S. 1945.

Ansicht, welcher auch BRANDES huldigt, wonach die rothen Strahlen vorzugsweise durch die Atmosphäre dringen, die blauen aber von derselben zurückgeworfen werden, sind die triftigsten Argumente beigebracht worden, wozu noch dieses kommen kann, dafs hiernach auf hohen Bergen der Himmel heller erscheinen müfste, weil doch von der dichteren Atmosphäre mehr blaue Strahlen zurückgeworfen werden müssen, als von der dünneren. Wenn XAVIER DE MAISTRE[1] ihre blaue Farbe von schwarzen färbenden Theilchen ableitet, die auch dem Wasser seine Farbe geben sollen, so bedarf diese Hypothese keiner eigentlichen Widerlegung. Uebrigens giebt es noch einige nicht unwichtige Thatsachen, wodurch ich die von mir geäufserte Meinung weiter zu unterstützen vermag. Dahin gehören die Versuche des Dr. BARRY[2] bei seiner Ersteigung des Montblanc. Oben auf der Spitze, umgeben von blendend weifsem Schnee, war der Himmel im Zenith eigentlich schwarz, einige hundert Fufs unter dem Gipfel in einer Umgebung von Schnee zeigte er sich gleichfalls so, allein die Tiefe wurde gemildert und ging in das Indigblaue über, wenn der Beobachter auf dem Rücken liegend die Augen einige Zeit verschlossen hielt, dann aber die seitwärts einfallenden Strahlen vermittelst beider Hände ausschlofs, während die Augen wieder geöffnet wurden. Noch beweisender sind die zahlreichen Beobachtungen von BOUSSINGAULT[3], wozu ihm die Ersteigungen americanischer Bergspitzen Gelegenheit gaben. Unterrichtet von dem, was H. B. DE SAUSSURE[4] auf dem Montblanc und dem Col de Géant wahrgenommen hatte, prüfte er die Phänomene genauer. Auf der erreichten Station am Chimborazo erschien der Himmel nicht dunkler, als zu Quito, und auf dem Tolima in 4686 Meter Höhe war dieses der nämliche Fall, allein auf dem Cumbal erschien der Himmel aufserordentlich dunkel indigblau. BOUSSINGAULT setzt blofs erzählend hinzu: „Ich war damals von Schnee umringt. Während der ganzen Zeit, dafs ich auf dem Cumbal in die Höhe „stieg, und so lange ich nicht die Schneegrenze erreicht hatte,

---

1 Bibl. univ. 1832. Nov. p. 259. Edinb. New Phil. Journ. N. XXX. p. 348. XXXI. p. 56.

2 Edinburgh New Phil. Journ. N. XXXV. p. 115.

3 Poggendorff Ann. XXXIV. 211.

4 Voyage. T. VII. p. 321.

„schien mir diese Farbe viel weniger dunkel. Bei meiner „Ersteigung des Antisana hatte der Himmel, ehe ich die „Schneegrenze erreichte, seine gewöhnliche Farbe, so wie „ich aber einmal auf der grofsen Eisfläche war, schien er mir „schwarz, wie Tinte." Auf dem Catopaxi in 5716 Metern Höhe, welche also die des Montblanc übertrifft, wurde die schwarze Färbung des Himmels nicht wahrgenommen, es wird aber nicht bemerkt, ob die Beobachter sich damals auf Schnee befanden. Boussingault leitet dieses Phänomen von einer Schwächung der Augen durch lange Anstrengung ab, allein er setzt auch hinzu, dafs sie vielleicht durch die Wirkung eines Contrastes erzeugt werde. Dafs letzterer allein die Erscheinung herbeiführe, ist wohl nicht zweifelhaft, denn die Höhe und die zugehörige Verdünnung der Luft kann nicht als Ursache angesehn werden, wie aus einer Vergleichung der Beobachtungen auf europäischen und americanischen Bergen unzweifelhaft hervorgeht, und dann wäre unbegreiflich, wie die Anwesenheit des Beobachters auf schneebedeckten oder freien Stellen die Reflexion der Lichtstrahlen von der Atmosphäre bedingen könnte.

96) Ueber den Feuchtigkeitszustand der Atmosphäre haben Daniell, Dove und Kämtz einige wichtige Untersuchungen angestellt, wovon ich eine Uebersicht aus dem Werke des Letzteren entnehme[1]. Nach fünfjährigen Beobachtungen zu Genf mit einem Haarhygrometer ist der relative Feuchtigkeitszustand am Morgen am gröfsten, geht bis 2 Uhr Nachmittags zur gröfsten Trockenheit über und wächst gegen Abend wieder etwas. Wird hierbei auf die Temperatur Rücksicht genommen, so verschwindet der gröfste Theil dieses Unterschiedes, jedoch zeigt das monatliche Mittel am Morgen noch einen höhern absoluten Feuchtigkeitsgrad, als am Mittage, und auch am Abend ist derselbe etwas weniges geringer. Ebendieses Resultat erhielt Dove[2] aus dreijährigen Beobachtungen Daniell's zu London und aus 11jährigen Bouvard's zu Paris. De Saussure[3] und Dove suchen die Ursache hiervon in den bei Nacht entstehenden feuchten Niederschlägen,

1 Meteorologie Th. I. S. 330 ff.
2 Poggendorff Ann. XVI. 297.
3 Hygrometrie. S. 364.

wobei der Dampf aus den obern Luftschichten herabsinkt; am Morgen tritt dann die Verdunstung ein und vermehrt den Dampfgehalt, bis die aufsteigenden erwärmten Luftschichten den Dampf mit sich in die Höhe führen. De Saussure[1] und de Luc[2] fanden hiermit übereinstimmend ein umgekehrtes Verhalten in der Höhe, Dove aber bewies dieses aus einer Vergleichung des Hygrometerstandes zu Genf und auf dem St. Bernhard, indem dort die Feuchtigkeit der Luft um 2 Uhr Nachmittags gröfser ist, als am Morgen. Aus der Abhängigkeit der Dampfbildung von der Temperatur folgt, mit der Erfahrung übereinstimmend, dafs der absolute Feuchtigkeitsgrad im Winter am geringsten, im Sommer dagegen am gröfsten ist, der relative dagegen zeigt ein umgekehrtes Verhalten, weil die Wärme erst vorhanden seyn mufs, ehe sie das Wasser in Dampf zu verwandeln vermag, und daher eilt die Temperaturerhöhung der Feuchtigkeitszunahme voraus; auf dem St. Bernhard aber scheint der relative Feuchtigkeitszustand das ganze Jahr hindurch fast gleich zu seyn.

Kämtz vermuthet aus triftigen Gründen, dafs der Feuchtigkeitszustand im Allgemeinen von den Küsten nach dem Innern der Continente hin abnimmt, allein zur bestimmten Entscheidung hierüber fehlt es an vergleichbaren Messungen.

97) Der Einflufs der Winde auf den Dampfgehalt der Luft ist am allgemeinsten bekannt, denn man redet sogar im gemeinen Leben von trocknen und von feuchten Winden, wobei im Allgemeinen die nördlichen zu den ersten, die südlichen zu den letzten gehören. Um hierüber genauer zu entscheiden, müssen die mittleren Feuchtigkeitszustände der Luft und die jederzeitigen Elasticitäten der Dampfatmosphäre für die einzelnen Winde bekannt seyn. Zur Entfernung der einzelnen Anomalieen wird dann die bereits wiederholt angegebene Formel angewandt, welche sich darauf gründet, dafs von Nord durch Ost für 360° des ganzen Kreises einem jeden Puncte der Windrose 45° zugehören. Bezeichnet demnach e die Elasticität des Wasserdampfes in par. Linien, m den vom Nullpuncte der Windrose an gezählten Winkel der jedesmali-

1 Reisen. Th. IV. S. 365.
2 Idées sur la Mét. T. II. p. 12.

gen Windrichtung und e_m den diesem Winde zugehörigen Druck der Dampfatmosphäre, so ist

$$e_m = e + u \,\mathrm{Sin.}(m.45^\circ + v) + u'. \,\mathrm{Sin.}(m.90^\circ + v'),$$

worin die Constanten aus den Beobachtungen bestimmt werden[1]. Aus DANIELL's Beobachtungen hat DOVE[2] für London folgende Werthe in par. Linien erhalten:

	N.	NO.	O.	SO.	S.	SW.	W.	NW.
Winter . .	2,43	2,22	2,18	3,04	3,56	3,62	3,24	2,72
Frühling . .	3,22	3,14	4,10	4,33	4,49	4,15	3,88	3,35
Sommer . .	4,74	4,59	5,49	6,10	6,74	6,13	5,48	4,96
Herbst . . .	3,29	3,78	3,81	4,87	4,90	5,17	4,46	3,84
Jahr	3,56	3,42	3,76	4,66	4,91	4,71	4,27	3,76

Für Paris erhielt KÄMTZ aus den Mittagsbeobachtungen des Hygrometers und Thermometers die folgenden ähnlichen Resultate in par. Linien:

	N.	NO	O.	SO.	S.	SW.	W.	NW.
Winter . .	1,68	1,26	1,54	2,02	2,29	2,46	2,21	1,73
Frühling . .	1,77	1,77	1,78	2,28	2,51	2,30	2,19	1,95
Sommer . .	3,22	2,92	3,30	3,95	3,90	3,41	3,29	3,03
Herbst . . .	2,53	2,28	2,45	3,07	3,57	3,35	2,76	2,67
Jahr	2,30	2,06	2,27	2,83	3,07	2,88	2,61	2,35

Diese Bestimmungen beziehn sich auf den absoluten Feuchtigkeitszustand; in der oben mitgetheilten, aus der gemeinen Erfahrung entnommenen Bemerkung liegt indefs schon, dafs auch der relative sich auf gleiche Weise verhält.

Für das Verhältnifs des Feuchtigkeitszustandes der Luft in verschiedenen Höhen hat KÄMTZ[3] einen analytischen Ausdruck gesucht, es fehlt jedoch an genügenden Beobachtungen zur Bestimmung der Constanten, und ich verweise daher rücksichtlich dieser Aufgabe auf das angezeigte Werk.

98) Die zur Meteorologie gehörigen und einzeln in ihr zu untersuchenden Phänomene sind in alphabetischer Reihe folgende:

1) Das *Gewitter*, sofern dasselbe als elektrische Erscheinung betrachtet wird, wonach dann die Untersuchung der

1 Das Verfahren ist das in §. 75. gezeigte.

2 Poggendorff Ann. XVI. 285.

3 Meteorologie. Th. I. S. 342.

Luftelektricität, des *Blitzes* und des *Donners* zunächst dazu gehören und selbst auch die Construction der *Blitzableiter* Berücksichtigung verdient. Alle diese sind in eigenen Artikeln bereits abgehandelt, wozu allerdings eine Menge Zusätze kommen könnten, wenn es zweckmäfsig wäre, die mitgetheilten Thatsachen durch andere ähnliche zu vermehren. Da dieses aber unnöthig ist, so begnüge ich mich, blofs einen interessanten Blitzschlag mitzutheilen, welcher zugleich wegen der Sachkenntnifs und Wahrheitsliebe des Referenten, des Dr. Traill, damals zu Liverpool, besondere Aufmerkkeit verdient[1]. Der Blitzstrahl traf das Packetschiff New-York von 526 Tonnen am 19. April 1828 auf seiner Fahrt von New-York nach Liverpool, ging an den eisernen Ketten des Hauptmastes herab, zerstörte das Metall theilweise, ergriff das Eisenwerk der Pumpen, drang in den Waarenraum, sprang zu einer bleiernen Cisterne über, von da zu einer bleiernen Röhre nach dem Hintertheile des Schiffes, wo er drei fünfzollige Planken am untern Ende losrifs. Aufser den in seiner eigentlichen Bahn liegenden Gegenständen waren noch verschiedene andere anscheinend durch eine seitwärts gehende Wirkung beschädigt, ein Spiegel in der Cajüte wurde in mehrere Stücke zerschlagen, ein Pianoforte umgeworfen u. s. w. Der laute Schall der Explosion war betäubend und ein schwefeliger Dampf (*sulphureous smoke*), welcher mit einer bläulichen Flamme aus den Luken hervorbrach, erzeugte die Furcht vor einem Brande der Ladung, die gröfstentheils aus Baumwolle und Terpentin bestand. Es fand sich jedoch bald, dafs nichts entzündet war, aber das Schiff hatte einen Leck bekommen, welcher jede Stunde 4 Zoll Wasser gab, durch die Pumpen jedoch gewältigt werden konnte, so dafs das Schiff seine Fahrt fortzusetzen vermochte. Von den Passagieren war keiner beschädigt; einer, welcher im Raume der Hauptluke gegenüber schlief, nahe bei dem Fleck, wo der Blitz in den Waarenraum drang, dessen Schlofs mit Gewalt in die Cajüte geschleudert wurde, war nicht beschädigt und eine Quantität Schiefspulver unter seinem Bette blieb unversehrt; ein Zuber und ein Becken, welches über dem Bette eines Kindes auf einem Borde stand, wurden heruntergeworfen ohne Beschä-

1 Edinburgh New Phil. Journ. N. IX. p. 183.

digung des Kindes. Noch auffallender war, dafs ein ältlicher Mann, welcher in den letzten 5 Jahren keine Viertelstunde anhaltend gehn konnte, den Gebrauch seiner Glieder bleibend wiedererhielt. Der Anblick des Himmels und die zahlreichen Wasserhosen liefsen die Wiederkehr des Gewitters fürchten und veranlafsten daher, dafs der aus Vergessenheit nicht gebrauchte Blitzableiter angeheftet wurde. Er bestand aus eisernen Gliedern von 18 Zoll Länge und 1 engl. Z. Durchmesser, mit einer 4 Fufs langen Auffangestange, welche 3 F. über die Spitze des Hauptmastes hervorragte; die ganze Länge betrug 145 Fufs, wovon das Ende über eine am Hintertheile angebrachte leichte hölzerne Strebe ins Wasser 9 F. tief herabhing. Gleich am Morgen traf ein zweiter, noch stärkerer Schlag den Ableiter und gab eine solche Erschütterung im Wasser, dafs durch das Fortschleudern des Schiffes mehrere Passagiere umgeworfen wurden, einige Glieder des Ableiters schmolzen, so dafs viele Tropfen des glühenden Eisens herabfielen und bedeutend tief einbrannten, ungeachtet das Verdeck durch den Regen benetzt und mit einigem Hagel überschüttet war. Auch diesesmal wurde keiner von den Passagieren verletzt, aufser ein Zimmermann, welcher einen eisernen Bohrer hielt und eine mehrere Wochen sichtbare Anschwellung seiner Hände davon trug. Beim Ausbessern des Schiffes im Hafen fanden sich einige Planken losgerissen, aber das Holz war unbeschädigt, dagegen waren alle Werkzeuge von Stahl, als die der Zimmerleute, die Messer und Gabeln, selbst die Sachen von Eisen und sogar alle Nägel des Schiffes bleibend magnetisch gemacht, die Uhren standen sämmtlich still oder waren unbrauchbar wegen des starken Magnetismus ihrer Theile von Stahl und ganz gegen die Art der Wirkung der künstlichen Elektricität zeigte der obere Theil des Blitzableiters starke nördliche Polarität. Der Magnetismus einiger eiserner und stählerner Geräthschaften stimmte mit der Richtung, in welcher befindlich sie vom Blitze getroffen worden waren, überein, bei andern war aber ein solches Verhältnifs gar nicht vorhanden. Bei einigen Magnetnadeln waren die Pole umgekehrt, andere hatten mehrere Pole, so dafs man sich auf ihre Anzeigen nicht mehr verlassen konnte.

2) *Feuerkugeln* gehören zur gemeinsamen weitläuftigen Classe der Feuermeteore und ihre Beobachtung, ebenso wie die

physische Ursache ihrer Entstehung, gehört in das Gebiet der Meteorologie.

3) *Glatteis* oder glatteisender Regen ist eine bekannte Erscheinung. Beiden sind eigene Artikel gewidmet.

4) *Hagel.* 99) In der ausführlichen Untersuchung dieses Hydrometeors ist S. 35 ein Irrthum zu berichtigen, welchen Kämtz[1] aufgefunden hat. Aus Nicolai's Samml. von Anekdoten über Friedrich den Grossen geht nämlich hervor, dafs das oft erwähnte Hagelwetter zu Potsdam im Jahre 1767 gar nicht statt gefunden hat, sondern weil dem Könige gesagt wurde, man rede in Berlin viel von einem bevorstehenden Kriege, liefs er eine Beschreibung jenes starken Hagelwetters in beide Berliner Zeitungen aufnehmen, um Stoff zur Unterhaltung zu geben, und da die von Potsdam eingehenden Widerlegungen nicht aufgenommen wurden, hat sich die Sage davon bis auf die neuesten Zeiten erhalten. Mehr begründet ist die Nachricht von einem starken Hagelwetter am 2. Juli 1441, wobei Hagelkörner 1 Pfund schwer herabgefallen seyn sollen[2]. In Indien, zu Hurreechundurghur unter 31° 57′ N. B. und in einer Höhe von 3943 engl. Fufs, fällt nach Sykes[3] nicht selten während der Stürme Hagel, dessen Körner 1 Zoll Durchmesser und darüber erreichen und meistens aus klarem Eise mit einem kleinen Sternchen und vielen von diesem ausgehenden Strahlen bestehn. Sogar in Südafrica unter 31° 30′ S. B. und 24° östl. Länge v. G. erlebte Burchell[4] am 13. und 19. März heftige Hagelwetter, wobei der Hagel bis zum folgenden Tage unter dem Gebüsch liegen blieb und das Thermometer nach Schätzung bis nahe auf 0° C. herabging. Dort giebt es im April noch Nachtfröste, auch fällt zuweilen 2 Fufs hoher Schnee, was nur daraus erklärlich wird, dafs dort die Südspitze von Africa ihre gröfste Höhe hat. In Brasilien ist der Hagel selten und besteht allezeit aus Würfeln mit abgestumpften Ecken von der Gröfse eines Taubeneies[5]. Diese

1 Meteorologie. Th. II. S. 501.

2 Correspondenzblatt des würtemb. landwirthschaftl. Vereins. 1831. Th. XIX. S. 9.

3 Phil. Trans. 1835. p. 190.

4 Reisen. Th. II. S. 175 ff.

5 Freycinet Voyage. T. I. p. 93.

abnorme Gestalt ist übrigens ungleich leichter erklärbar, als was A. Jones[1] zu Augusta Georgia in America unter 31° 10 N. B. und 89° 15′ westl. L. von G. bemerkt haben will, daſs nämlich die Hagelkörner einen mit Luft erfüllten Raum im Innern hatten. Auch v. Hoff[2] sah am 27. Juli 1834 zu Gotha Hagelkörner von abnormer, eckiger Gestalt, eine Beschreibung vieler auffallend verschieden gestalteter Hagelkörner enthält aber die Nachricht, welche D. L. Cosari[3] über das furchtbare Hagelwetter am 26. Aug. 1834 zu Padua mittheilt. Die eine Classe der Hagelkörner bestand aus flachen, unregelmäſsigen Eiskörnern, deren einige eckige Platten von etwa 1 Z. Dicke bildeten. Auf der einen, fast ebenen und durchsichtigen Fläche derselben zeigten sich dünne Lagen, theils gerade, theils krumme, welche abwechselnd durchsichtig oder nur durchscheinend waren. Auf der andern Fläche saſsen Krystalle von durchsichtigem Eise, von der Gestalt eines vierseitigen Prisma mit einer schmalen Seite im Verhältniſs zu den drei andern, bis 1,5 Zoll lang, die Länge eines ganzes Stückes von einer Spitze bis zur andern betrug zwischen vier bis acht Zoll. Andere Hagelkörner hatten die Gestalt elliptischer oder runder, etwas convexer Scheiben, von einer rauhen Oberfläche mit vierseitig prismatischen Krystallen, und bestanden groſsen Theils aus concentrischen, theils durchsichtigen, theils undurchsichtigen Lagen mit einem opaken Nucleus in der Mitte; ihre Gröſse betrug von 1,5 bis 4 Zoll. Noch andere flache Eisstücke endlich bestanden aus durchsichtigem Eise mit einem dickeren Rande, welcher in Folge wechselnder Lagen Streifen zeigte, von rauher Oberfläche, mit einem undurchsichtigen Kern, welcher zuerst wegschmolz, so daſs dann ein Ring übrig blieb; ihr Durchmesser betrug von 1,5 bis 3 Zoll. Eine zweite Classe bestand aus runden Körnern. Einige von diesen zeigten einen Nucleus mit umgebenden Lagen theils durchsichtigen, theils undurchsichtigen Eises, wovon die ersteren dünner waren, als die letzteren, was man vorzüglich beim Zerschlagen wahrnahm, auch lagen sie zuweilen unordentlich

---

1 Silliman Am. Journ. T. XXIII. p. 35.

2 Kastner Archiv. Th. IX. S. 23.

3 Aus Annali delle Science del Regno Lomb. Veneto. Nov. Dec. 1834. in New Edinb. Phil. Journ. N. XXXVII. p. 83.

durcheinander, oft dagegen gingen sie strahlenförmig vom Mittelpuncte aus, im Ganzen hatten diese einen Durchmesser von 1 bis 3 Zoll. Andere hatten eine fast vollkommen kugelförmige Gestalt, mit einem Kern und wechselnden concentrischen Kreisen. War ihr Durchmesser nicht gröſser als 1,5 Z., so hatten sie nie weniger als sieben und nie mehr als neun Lagen, die äuſsere war stets durchsichtig und dicker als die innern durchsichtigen; war aber der Durchmesser kleiner als einen Zoll, so betrug die Zahl der Lagen drei oder fünf. Im Ganzen betrug der Durchmesser von 9 Linien bis fast 4 Zoll. Einige dieser letzten Körner hatten auf ihrer Oberfläche durchsichtige, nicht über 2 Lin. groſse hexaedrische Krystalle, andere, von weniger als einem Zoll Durchmesser, waren äuſserlich glatt und schlossen einen nicht lagenförmig gebildeten Kern ein, noch andere endlich, und zwar die zahlreichsten von allen Varietäten, von 1 Zoll Durchmesser, schlossen Luftblasen in sich, die bei genauer Untersuchung von einem so zarten Netze umgeben waren, daſs das Ganze durchsichtig schien. In manchen Hagelkörnern war der Nucleus weich, in andern sehr hart, und zwar in den kleinen meistens am härtesten, auch waren sie von ungleichem specifischem Gewichte, indem einige mehr, andere weniger aus dem Wasser hervorragten. Merkwürdig ist noch die Beobachtung, daſs keins der Hagelkörner aus mehreren zusammengebacken sich zeigte, denn selbst bei den sehr unregelmäſsig gestalteten ging dieses aus der Art der Lagerung der einzelnen Schichten deutlich hervor. In machen Hagelkörnern wollte man Bruchstücke von Eisen, kohlensaurem Kalke und Ziegelbrocken gefunden haben, allein Cosari meint, diese seyen beim Auffallen hineingekommen, gewisser war, daſs einige eine sandartige Materie einschlossen, deren Beschaffenheit aber leider von niemand genauer untersucht wurde. Cosari selbst fand nur zwei Exemplare dieser Art; in dem einen befand sich die Substanz von sehr geringer Menge genau in der Mitte, bei dem andern war der Nucleus etwa 0,3 Zoll groſs, hatte eine aschgraue Farbe und gab eine so geringe Menge eines graulichen Pulvers, daſs es kaum das Leinen färbte, worauf es gebracht wurde. Mit einer stark vergröſsernden Loupe besehn waren es Körnchen von ungleicher Gröſse, wovon die gröſsten schwarzgrauen vom Magnete angezogen wurden. Er hielt die

Substanz für Eisen mit Nickel; doch dürfte sie wohl vulcanische Asche gewesen seyn.

Vorausgesetzt dafs alle diese Angaben vollkommen richtig sind, so gehört dieses Hagelwetter allerdings unter die merkwürdigsten Meteore seiner Art, weil so viele Formen der Hagelkörner vereint darin vorkamen, die sich sonst nur einzeln zu zeigen pflegen. Solide flache und eckige Eisstücke sind übrigens keine absolute Seltenheit. Aufser den bereits angeführten Beispielen ereignete es sich auch am 9. Aug. 1828 zu Horsley in Staffordshire, dafs Eisstücke von 3 Zoll Länge, 1 Z. Breite und 3 Z. im Umfange in grofser Menge herabfielen und beträchtlichen Schaden anrichteten[1]. Unter die sehr merkwürdigen Fälle gehört das am 3. Aug. 1827 zu Mastricht beobachtete Hagelwetter[2], wobei die Form der Hagelkörner um so mehr hier bemerkt werden mufs, als sie mit der durch Delcros beobachteten eine auffallende Aehnlichkeit hat und demnach zu der von diesem geäufserten Folgerung zu berechtigen scheint. Die begleitenden Phänomene waren genau so, wie sie bei schweren Hagelwettern in der Regel zu seyn pflegen, die Hagelkörner hatten 26,6 Lin. im Durchmesser und einige waren sogar noch gröfser, die meisten beinahe kugelförmig, andere mehr oder weniger abgeplattet und zuweilen zweimal so lang als breit, die Oberflächen der grofsen mit Auswüchsen bekleidet, deren einige 4 Lin. hervorragten, die der kleinen waren glatt. Inwendig enthielten sie eine Reihe von abwechselnd durchsichtigen und undurchsichtigen Kugelschichten, meistens regelmäfsig concentrischen, die bei einigen in gleichen Zwischenräumen von etwa 0,5 Lin. auf einander folgten, bei andern ungleich vertheilt waren, indem die durchsichtige Eisrinde zuweilen 0,4 Zoll dick war. Zugleich zeigte sich bei den grofsen eine Art strahlenförmigen Gefüges, welches vom Mittelpuncte ausging. Aufser diesen gröfseren Hagelkörnern fiel eine weit beträchtlichere Menge kleinerer, und
Fig. zwar in drei Folgen, jene zuerst, diese nachher; die gröfseren
268. sind im Durchschnitte gezeichnet, die kleineren gleichen ge-
u. 269. nau Sectoren und führen zu der von Delcros ausgesprochenen

1 Edinburgh Journ. of Science. N. XVIII. p. 354.

2 Quetelet Correspondance math. et phys. T. III. p. 95. Poggendorff Ann. XVI. 383.

Vermuthung, daſs sie Bruchstücke der gröſseren sind, so wenig man auch begreift, wo und durch welche Ursachen ein solches Zerplatzen statt finden könnte, es sey denn, daſs die Bedingung hierzu durch die schnelle Bildung derselben auf eine der Erfahrung bis jetzt entgangene Weise gegeben würde. Vermuthlich beruht aber diese Zerplatzung auf einer unrichtigen Deutung der wahrgenommenen Formen, wie aus dem Folgenden hervorzugehn scheint.

100) Die Beschreibung der verschiedenen Hagelkörner, welche Thienemann[1] beobachtete, scheint mir deswegen hier der Mittheilung werth, weil sie ziemlich vollständig die meistens einzeln vorkommenden Gestalten enthält und zu einigen Schlüssen über die Art ihrer Bildung führt. Das Gewitter, welches diesen Hagel brachte und sich dadurch von andern unterschied, daſs es einigen an demselben Tage vorangegangenen folgte, statt daſs die Hagelwetter in der Regel vorauszugehn pflegen, zeichnete sich noch auſserdem dadurch aus, daſs in vier Absätzen zunehmend gröſsere Hagelkörner herabfielen, statt daſs in der Regel die ersten am gröſsten zu seyn pflegen. Die zuerst fallenden waren die kleinsten und glichen im Allgemeinen, wie die Zeichnung angiebt, einem Fig. oben abgerundeten Kegel, auf einer Halbkugel aufsitzend. Das 270. Eis des Kegels war trübe und hatte in der Spitze einen Kern, welcher vollkommen einer kleinen Graupel glich, die Halbkugel dagegen bestand aus klarem Eise. Bei andern Körnern, die in geringer Anzahl gefunden wurden, war die Form einer länglich gestreckten, ziemlich flachen Linse gleich, an deren einem Ende der Kern mit umgebenden, halb ausgebildeten Graupeln saſs. Die beim zweiten Beginnen fallenden Körner hatten die nämliche Gestalt, waren jedoch beträchtlich gröſser, Fig. und es zeigte sich um den Kern eine bis zwei Reihen unvoll- 271. kommener Graupeln. Bei diesen Körnern war diese Gestalt fast allgemein die nämliche, nur gingen einige fast in die Kugelgestalt oder die Eiform über, stets aber saſs die Graupel am einen Ende, nur wenige waren miſsgestaltet, gekrümmt, wie die Zeichnung angiebt. Der Anblick dieser Figuren macht Fig. es sehr wahrscheinlich, daſs die von Delcros und andern 272. wahrgenommenen Sectoren solche Körner mit einem undeut-

1 Poggendorff Ann. XXVII. 362.

lichen, nur kleinen Kerne an der Spitze waren, deren Erklärung dann ohne die Voraussetzung eines naturwidrigen Zerplatzens keiner Schwierigkeit unterliegt. Beim dritten Abschnitte des Hagelns waren die Körner abermals gröſser, meistens kugelförmig, einige jedoch wie Linsen gestaltet, stets aber mit dem Kerne an der einen Seite, auch wurden mitunter miſsgestaltete gefunden, und alle Arten hatten zuweilen eine mit Luftblasen versehene Schicht. Beim vierten Abschnitte fielen die gröſsten, meistens runden, selten linsenförmigen Hagelkörner, deren einige aussahn, als seyen mehrere kleinere Hagelkörner von einer umgebenden Eismasse eingeschlossen. MERIAN[1] ist der Meinung, die hier angegebene Form der Hagelkörner, wonach der Kern sich an der Spitze befindet, sey die gewöhnliche und bezeichne den Ursprung derselben, sofern die aus strahligen Theilen gebildeten Graupeln beim Herabfallen am untern Theile neue Eisschichten ansetzen, die unregelmäſsige Gestalt derselben, und daſs der Kern sich in der Mitte befinde, rühre vom Winde her, welcher die Körner umdrehe und ein Ansetzen neuer Lagen an allen Seiten zur Folge habe, auch streite jene regelmäſsige Gestalt gegen die Theorie VOLTA's.

101) Auch die Beschreibung des starken Hagelwetters, welches am 21. Mai 1828 um 6 Uhr Abends im Departement du Gard eine Strecke etwa 800 bis 900 Meter breit und 41750 Meter lang verwüstete, bietet einige wichtige Momente dar[2]. Einige der herabfallenden Körner hatten die Gröſse einer geballten Faust; ein Beobachter wog zwei zufällig aufgefaſste und fand das eine 153 Gramm (5 Unzen), das andere 130 Gramm (4,25 Unzen) schwer. Die gröſsten waren auf der Auſsenseite mit stumpfen Krystallen von der Länge des äuſsersten Gliedes am kleinen Finger überdeckt und erhielten hierdurch das Ansehn solcher Kalkspathdrusen, die man Schweinszähne nennt. Im Allgemeinen war die äuſsere Schale der Hagelkörner durchsichtig, in ihrem Innern aber war ein weiſslicher Kern von zwei Centimeter Durchmesser, aber in den zerschlagenen Stücken nicht weich, sondern hart.

---

1 Biblioth. univ. 1836. T. I. p. 147.

2 Bibliot. univ. T. XXXIX. p. 51. Hertha Th. XII. S. 109. Ann. Chim. Phys. T. XXXIX. p. 425.

Diejenigen, welche einige Zeit auf der Erde gelegen hatten, wurden hierdurch auf der obern und untern Seite abgeplattet und zeigten die den Kern umgebenden concentrischen Kreise. Andere kleinere waren unregelmäfsig gestaltet, alle fielen ohne Regen[1]. Merkwürdig durch die Menge des herabgefallenen Hagels und die ungewöhnliche Gröfse der einzelnen Körner war das Gewitter am 14. Sept. 1828 zu Tarragona Morgens um 8 Uhr, worüber Jaubert de Passa[2] der Akademie einen getreuen Auszug aus dem Berichte an das Gouvernement mittheilte. Zwei Gewitter vereinigten sich, der Blitz zündete in der Stadt, zuerst fiel etwas Regen und dann erst kleinerer Hagel, worauf aber anderer von ausnehmender Gröfse folgte. Viele einzelne Körner von 3 bis 4 Unzen, aber unter diesen auch einige von 3, 4 und selbst 5 Pfund (*de 3, 4, 5 y mas libras de peso*[3]) wurden gefunden und mehrere hatten die Gröfse eines Menschenkopfes. Der begleitende Sturm hob Dächer auf und warf verschiedene Schornsteine herab, der Zerstörungen auf Feldern und in Weinbergen nicht zu gedenken. Die Katastrophe dauerte nur etwa 20 Minuten und es wurden mehrere Menschen stark beschädigt, obgleich es am Sonntage war, wo sie sich meistens in Häusern oder in der Kirche befanden. Man wollte als aufsergewöhnlich bemerkt haben, dafs vor dem Gewitter viele Dünste von der Erde in die Höhe stiegen und dafs es während des Hagelns gar nicht donnerte. Die Körner waren in der Regel von einer rauhen, warzigen Oberfläche, einige schlossen einen Kern von Eisna-

1 In einigen Gegenden herrscht der Glaube, der Hagel mache die getroffenen Pflanzen durch eine Art von Vergiftung krank, weswegen man an dem eben genannten Orte Bedenken trug, mit den beschädigten Maulbeerblättern die Seidenraupen zu füttern. Dieses Vorurtheil rührt von Toaldo her, welcher behauptete, der Hagel enthalte Säuren, die durch den begleitenden Regen weggespült würden, so dafs dadurch der Hagel einen Theil seiner schädlichen Wirkung verliere. Bertholon dagegen glaubte, der Hagel mache wegen der mitgeführten Elektricität die Bäume fruchtbarer und die Felder ertragreicher.

2 Ann. Chim. Phys. T. XXXIX. p. 427.

3 Die Libra enthält 16 Onzas oder 460,086 Gramme. Will man aber auch Medicinalgewicht nehmen, so enthält die Libra doch 345 Gramme. S. *Mafs*. S. 1389. Auf jeden Fall ist die angegebene Gröfse ganz unglaublich.

deln oder leichteren Schneeflocken ein und bestanden aus Lagen von ungleicher Dichtigkeit.

Von grofser Wichtigkeit sowohl rücksichtlich des Phänomens des Hagelns überhaupt, als auch der Theorie der Hagelbildung ist die Erzählung, welche Lecocq[1] über die von ihm am 28. Juli und 2. Aug. 1835 beobachteten Meteore mittheilt, wodurch die Gegend um den Puy de Dome verwüstet wurde. Der Hagel fiel am ersten Tage aus einer schnell bewegten Wolke und hatte eine sehr schräge Richtung in Folge eines ihn heftig treibenden Windes. Die sogleich nach dem Fallen aufgesuchten Körner hatten im Allgemeinen die Gröfse eines Taubeneis, einige aber erreichten die der Eier eines welschen Huhns; das Gewicht der gröfsten betrug nur 4 Unzen, man will jedoch solche von 5,5, auch von 8 Unzen, ja sogar von mehr als einem Pfunde gewogen haben, allein Lecocq glaubt selbst, dafs mit Weglassung der Uebertreibungen 8 Unzen das gröfste Gewicht gewesen seyn möge. Die meisten hatten in ihrer Mitte ein Graupelkorn als Kern, um welchen die Schichten des klaren Eises gelagert waren; ihre Gestalt war im Ganzen oval und beide gleiche Enden hatten auf ihrer Oberfläche warzenartige Erhöhungen, deren viele sehr kenntliche Krystalle aus sechsseitigen Säulen mit sechsseitigen Pyramiden von 8 Lin. Höhe bildeten; doch waren bei den meisten die Ecken weggeschmolzen und so Kegel entstanden. Aus eingezogenen Nachrichten ergab sich, dafs die Hagelwolke über dem Meere entstanden war, einen Theil der Insel Oleron verwüstet, dann mit verschiedener Gröfse der Körner und selbst mit Unterbrechung des Hagelns in einer Richtung von West nach Ost in 4,5 Stunden einen Weg von 90 Lieues zurückgelegt hatte. Am nämlichen Tage wurden später noch andere Districte durch verschiedene Hagelwolken leichter verwüstet, die vom grofsen Hagelschauer getroffene Gegend hatte an beiden Enden die Breite einer halben Lieue, in der Mitte aber war sie ungleich breiter. Der Hagel dauerte nirgends länger als eine halbe Stunde und es folgte nur wenig Regen. Bemerkt zu werden verdient noch, dafs auf dem Gipfel des Puy de Dome kein Hagel fiel, wohl aber auf dem kleinen Puy de Dome in einer Höhe von 1200 Meter, wo die Körner klein,

1 Ann. Chim. Phys. T. LXI. p. 206.

mit vielen Krystallen bekleidet waren und sehr schnell in einer äußerst kalten Luftschicht bewegt wurden. Blätter und Zweige, durch die Gewalt des Hagels zerschmettert, fanden sich nicht höher als 800 Meter. Weil in den nächsten Tagen noch mehrere Gewitter folgten, so begab sich Lecocq am 2. Aug. auf den Puy de Dome, sah dort viele Wolken von Süden und andere höhere von Westen herkommen, von denen einige der ersteren starke Regen brachten. Später häuften die westlichen Winde starke Wolkenmassen auf, es erfolgten Blitze, aber nie schlug einer durch den Raum zwischen beiden Wolken, sie waren alle in der unteren Wolke, worin sich auch der Hagel bildete, dessen Körner nach allen Seiten geworfen, im Allgemeinen aber durch den Südwind nördlich getrieben wurden. Der Wind wurde sehr heftig und ausnehmend kalt. Die untere Wolke liefs in der Entfernung einigen Regen fallen, welcher aber in der Luftschicht unter ihr sich wieder aufzulösen schien, und damit endigte das Schauspiel. Nach dem Herabsteigen auf den Puy-de-Gaules kam mit einem sehr kalten Südwinde abermals eine Wolke, aus welcher gleichfalls Hagelkörner, wie kleine Nüsse, herabfielen. Die Wolke war über seinem Haupte, allmälig vereinigten sich die beiden Wolkenschichten, weil der kalte Westwind die Oberhand behielt, und es hagelte noch einige Male, bis gegen Abend. Hierdurch ist also wohl die Theorie Volta's genügend widerlegt und die heftige Kälte des begleitenden Windes bestätigt sehr die neuerdings über dieses Phänomen aufgestellten Ansichten.

Unter die fabelhaften Nachrichten gehört die von Olmsted[1] erwähnte, dafs während des Krieges, welchen Ludwig XII. im Jahre 1510 in Italien führte, nach einer Finsternifs dunkler als die Nacht 100 ℔. schwere Hagelkörner herabfielen; auch zieht G. Rose[2] den meteorischen Ursprung der oktaedrischen und leucitoedrischen Schwefelkiese in Zweifel, die in der Nähe von Orenburg in Hagelkörner eingeschlossen herabgefallen seyn sollen[3] und nach Hermann's Analyse aus

1 Edinburgh New Phil. Journ. N. XVIII. p. 244.

2 Poggendorff Ann. XXVIII. 578.

3 S. *Hagel*. Bd. V. S. 39. Vergl. Kastner Archiv Th. IV. S. 196. Poggendorff Ann. VI. 3.

90,02 Eisenoxyd und 10,19 Wasser bestehn. Rose entnimmt aus seinen zu Orenburg angestellten Erkundigungen, daſs keines der Körner in einem Hagelkorne eingeschlossen gesehn wurde, vielmehr fand man sie nach einem heftigen Hagelwetter auf einem Acker, wo sie vorher nicht gesehn worden waren, und da ihre Beschaffenheit nicht auf meteorischen Ursprung deutet, sie vielmehr bloſs für umgewandelte Schwefelkiese zu halten sind, so mangelt der Folgerung, daſs sie mit dem Hagel herabgekommen seyen, die gehörige Begründung.

102) Die Nachrichten von nächtlichen Hagelwettern können durch die von Kämtz[1] gesammelten Berichte noch bedeutend vermehrt werden. Dieser erlebte selbst in der Nacht vom 16. Juli 1829 zu Halle nach einem Gewitter am Tage ein zweites mit Hagel, auch beobachtete Hasselquist[2] ein nächtliches Hagelwetter auf seiner Reise nach Palästina und Peron[3] in der Nacht vom 14. zum 15. Juni 1802 an der Küste von Neuholland. Maternus von Cilano[4] hat eine Menge Beispiele gesammelt, von denen ich bloſs diejenigen aufnehme, die der Nacht und nicht dem Abende zugehören. Nach Scheuchzer ereignete sich ein nächtliches Hagelwetter am Montage vor Oswald 1449 um 10 Uhr Abends zu Basel, ein anderes am 21. Juni 1574 um Mitternacht im Magenthal, wobei die Körner die Gröſse der Hühnereier erreichten, und noch eins am 14. Juli 1597 um Mitternacht, welche im Rothenburger Amte des Luzerner Gebietes alle Früchte so zerschlug, daſs keine Sichel auf das Feld kam. Maternus von Cilano erwähnt noch folgende Fälle: am 14. Juli 1719 zu Triest zwischen 11 und 12 Uhr Nachts; am 25. Juli 1723 zu Nürnberg gegen 10 Uhr Abends; am 24. Mai 1725 des Nachts zu Eperies mit vielem angerichteten Schaden; am 11. Febr. 1741 um 4 Uhr Morgens zu Altona und ebendaselbst am 23. März 1751 um 5 Uhr Morgens. Zu dieser nicht geringen Zahl fügt Kämtz noch diejenigen Fälle hinzu, die er aus den Mannheimer Ephemeriden gesammelt hat und deren Zahl, wie er meint, durch genaueres Aufsuchen sich leicht verdoppeln lieſse; ich

1 Meteorologie. Th. II. S. 503.
2 Dessen Reise. S. 17.
3 Voyage. T. I. p. 341.
4 Hamburger Magaz. Th. XVII. S. 97.

finde es jedoch besser, diejenigen Nachrichten wegzulassen, in denen von nächtlichem Hagelwetter im Winter die Rede ist, denn dieses waren ohne Zweifel Graupeln, die bei Nacht gar nicht ungewöhnlich sind. Zu Würzburg fiel Hagel in der Nacht vom 19. zum 20. Sept. 1781 und vom 21. zum 22. Aug. 1783. Unter den mehreren Angaben aus Rom scheint mir nur die vom 5. April 1785 um 6 Uhr Morgens und vom 13. Mai 1786 um 4 Uhr Morgens auf eigentlichen Hagel sich zu beziehn. Ferner fiel Regen mit Hagel zu Andex in der Nacht des 18. Aug. 1785 um 2 Uhr Morgens, zu München in der Nacht vom 4. zum 5. Juli 1788 und zu Rochelle in demselben Jahre am 13. Juli um 5 Uhr.

103) Einige neuere Untersuchungen über das wichtige Problem einer genügenden Theorie der Hagelbildung verdienen hier noch erwähnt zu werden. Olmsted[1] setzt voraus, dafs auf gleiche Weise, als dieses bei Meeresströmen gefunden wird, auch Luftmassen von ungleicher Temperatur sich fortbewegen können, ohne ihre Wärme zu verlieren oder durch die Umgebung erwärmt zu werden. Wenn daher Luftströme aus den Polargegenden südlich strömen oder aus der Aequatorialzone sich nach Norden bewegen, so werden sie nahe an der Oberfläche der Erde sehr bald ihre eigenthümliche Wärme ändern, in gröfseren Höhen aber ihre Temperatur beibehalten. Begegnen sich dann zwei solche Ströme, so wird der in dem einen enthaltene Wasserdampf schnell abgekühlt und in Eis verwandelt werden. Angenommen zwei solche Ströme, der eine aus 50°, der andere aus 30° der Breite, begegneten einander bei einer Geschwindigkeit der Bewegung von 15 geogr. Meilen in einer Stunde unter 40° der Breite und in einer Höhe von 10000 engl. Fufs, so läge die Region, von welcher der Südwind ausging, noch 2000 Fufs unter der Grenze des Nullpunctes, die des Nordwindes dagegen 4000 Fufs darüber; die Kälte bei ihrer Vereinigung wäre also hinreichend zur Erzeugung von Eis und zur Abkühlung des entstandenen bis zu einem Kältegrade, dafs sich der Dampf aus den unteren wärmeren Schich-

1 Silliman Amer. Journ. of Sc. T. XVII. N. 1. p. 1. Edinb. New Phil. Journ. N. XVIII. p. 244. Schweigger-Seidel Neues Jahrb. Th. I. S. 154.

ten darauf absetzen und gleichfalls gefrieren könnte. In der äquatorischen Zone, wo die Wärme mit der Höhe langsam abnimmt, kann der Hagel nur auf hohen Bergen erzeugt werden, in der Polarzone aber, wo der Dampfgehalt so gering ist, mufs der grofse Hagel gänzlich fehlen.

104) Diese Hypothese hat allerdings etwas Plausibles, es ist jedoch rücksichtlich des Hauptprocesses ein Umstand entweder ganz übersehn oder nicht ins Einzelne verfolgt worden. Eine solche einander entgegengesetzte Strömung von Luftschichten und obendrein von solcher Mächtigkeit, dafs die enorme Menge des als Eis herabfallenden Wassers als Dampf darin vorhanden seyn könnte, ist ohne ein Ausweichen der verdrängten zwischenliegenden Luftmassen unmöglich, und wenn die hierdurch nothwendig werdenden Bedingungen zur genauen Untersuchung kämen, so würde der ganze Procefs dadurch eine andere Gestalt gewinnen und vermuthlich unstatthaft erscheinen, aus welchem Grunde jedoch eine Widerlegung für jetzt noch unzeitig ist. Auch Ideler[1] hat versucht, den Procefs der Hagelbildung zu erklären. Zuerst zeigt er, dafs Gay-Lussac's[2] Erklärung, wonach die Hagelbildung durch die Wärmestrahlung von der oberen Fläche der Wolke verursacht werde, eigentlich etwas unbestimmt sey, da es genau genommen keine Oberfläche der Wolke gebe, dafs sie aber im Wesentlichen mit der von Volta übereinkomme und daher auf gleiche Weise unzulässig sey, weil die Masse der dort vorhandenen Dunstbläschen gar nicht genüge, um durch Verdampfung die erforderliche Kälte zu erzeugen. Gegen die durch L. v. Buch aufgestellte Theorie wendet er ein, dafs es unter dem Aequator nicht hagelt, was aus ihr ebensowenig erklärbar sey, als der nächtliche Hagel. Da es ferner auf Bergen selten hagelt, so müssen die Hagelwolken sehr niedrig seyn, nach Brandes[3] etwa 3000 Fufs hoch, und dann sey das Zeitintervall zu gering, als dafs während des Fallens die bekannten dicken Körner entstehn könnten. Nach Ideler's anfänglich aufgestellter Theorie beruht die Hagelbildung hauptsächlich auf dem Wechsel der Elektricität. Jeder von der

1 Poggendorff Ann. XVI. 499.
2 V. Humboldt Voy. aux rég. équinoct. T. VI. p. 352.
3 Beiträge zur Witterungskunde. S. 359.

Erde sich losreifsende Körper soll nach Erman's bekannten Versuchen — El. annehmen und daher sollen die Wolken negativ elektrisch seyn, während die sie umgebende Luft positiv elektrisch ist. Erfolgt dann durch irgend eine Ursache ein Niederschlag, so wird — El. frei, bindet die + El. der Luft, und hieraus entsteht das Wetterleuchten; zugleich wird Wärme frei, welche dann einen Theil des bereits niedergeschlagenen Wassers zur Verdunstung bestimmt, und wenn hierzu nicht genug Wärme vorhanden ist, so entzieht ein Theil der verdunsteten Wassermenge einer andern ihre Wärme, wodurch dann Hagel entsteht. Der erzeugte Dampf erhält + El., da alle El. neutralisirt ist und das umgebende Medium — El. hat, steigt in die Höhe, bildet eine neue Wolke und wird wieder niedergeschlagen. Weil dann der gebildete Regentropfen — El. hat und beim plötzlichen Gefrieren nicht sogleich ganz in Eis verwandelt wird, so erhält er sich wegen seiner — El. oscillirend in der Luft und gestaltet sich so zum Hagelkorn.

Die Hypothese, obgleich sie durch viele eingewebte Thatsachen unterstützt ist, konnte nicht wohl den Beifall der Physiker erhalten, weil sie überall zu wenig begründet ist. Erman's (und ebenso Biot's) Versuche beweisen allerdings, dafs ein Körper, wenn er sich weiter von der positiv el. Spannung zeigenden Erde erhebt, eine geringere Spannung zeigen müsse, allein daraus folgt nicht, dafs ein frei aufsteigender Körper negativ elektrisch werde, da gar kein Grund vorhanden ist, warum er die ihm inwohnende, durch die Berührung der Erde angenommene Elektricität (wenn diese wirklich positiv und nicht 0 ist) in der isolirenden Luft abgeben und negative aufnehmen sollte. Dieser Procefs ist nicht blofs unbegründet, sondern eigentlich unmöglich, und aufserdem ist bekanntlich der aufsteigende Wasserdampf positiv elektrisch, aber mit einem geringen und weit ausgebreiteten Ueberschusse von positiver El., so dafs diese erst durch die in grofser Menge erfolgende Vereinigung des Dampfes zu Dunst und Wasser merkbar zum Vorschein kommt, weswegen die Wolken in der Regel positiv elektrisch sind, sehr leicht aber durch Abgabe eines Theils der frei gewordenen positiven Elektricität und eintretende Verdunstung wieder negativ werden können. Ferner wird bei einem Niederschlage von Dampf allerdings

Wärme frei, aber nicht mehr, als durch die Umgebung bedingt ist, auf jeden Fall kann keine Wärme so weit frei werden, dafs sie benachbarte Wassertheilchen zur Verdampfung bringt, weil sonst unbegreiflich seyn würde, warum sie nicht vielmehr mit dem durch sie bereits gebildeten Dampfe in Verbindung bleiben sollte, noch viel weniger aber kann die freie Wärme eine bis zur Eisbildung gesteigerte Verdampfung bedingen, weil dieses mit ihrem Wesen geradezu im Widerspruche steht. Endlich wird man schwerlich geneigt seyn, das angenommene Oscilliren der bereits im Kleinen gebildeten Hagelkörner zuzugestehn, denn eben dieses steht der Volta'schen Theorie entgegen, die ohne diesen Einwurf nicht verworfen worden seyn würde.

105) Kämtz[1] stimmt im Allgemeinen der von mir aufgestellten Theorie bei und unterstützt diese noch nach einer mir mündlich mitgetheilten Aeufserung durch das Argument, dafs man in einem schwarzen Glasspiegel um das Sonnenbild, selbst bei blofs milchiger Atmosphäre, kleine Höfe wahrnimmt, wie Newton[2] früher um die im Wasser gespiegelte Sonne beobachtete, welche dann die Anwesenheit kleiner Eistheilchen in der oberen Atmosphäre beweisen, aus denen sich der Nucleus des Hagelkerns bildet. Das Aufsteigen der erwärmten feuchten Luftmassen bis zu unbestimmbarer Höhe folgt aus statischen Gesetzen nothwendig und ist durch viele Erfahrungen bestätigt worden; bei jedem Niederschlage, welcher durch das Eindringen der kalten Luftmassen jener Regionen leicht entstehn kann, wird das Volumen der Luft durch Condensirung des Dampfes vermindert, und so müssen wohl von selbst, ohne irgend eine hypothetische Voraussetzung, die oberen kalten Luftmassen nachstürzen, wie die begleitenden Stürme und das schnelle Herabsinken der Wolken beweisen, und somit ist ohne Weiteres die zur Hagelbildung erforderliche Erkaltung gegeben. Es scheint mir bei der Einfachheit der Sache und ihrer Uebereinstimmung mit allbekannten Thatsachen überflüssig, dieses noch weiter auszuführen. Wirklich ist auch Imeler[3] in einer diesem Gegenstande speciell gewidmeten ge-

1 Meteorologie. Th. II. S. 532.

2 S. Art. *Hof.* Bd. V. S. 434.

3 Untersuchungen über den Hagel und die elektr. Erscheinungen in unserer Atmosphäre. Leipz. 1833. 8.

lehrten Schrift der Hypothese ganz beigetreten, indem er zugleich seine eigene für ungenügend erklärt. Dabei scheint es mir ganz unnöthig zu seyn, auf die zusammengesetzteren Mittel einer Erzeugung von Kälte durch Verdunstung überhaupt einzugehn, denn sicher wird der Hagel in Wolken oder mindestens in den trüben, ein milchiges Ansehn gewährenden Schichten der Atmosphäre erzeugt, die eben hierdurch schon eine Uebersättigung mit Dampf und somit die Unmöglichkeit einer starken Verdampfung anzeigen. So gut aber ohne Verdunstungskälte durch Mengung kalter Luftmassen mit wärmeren sofort Schnee gebildet wird, wie L. v. Buch so klar nachgewiesen hat, kann doch durch einen energischen Procefs, welcher sich in seinem Uebergange durch Graupelwetter deutlich ankündigt, auch Hagel gebildet werden, was ohnehin um so weniger zu bezweifeln ist, je deutlicher die furchtbaren begleitenden Stürme und die meistens nachfolgende aufserordentliche Kälte anzeigen, wie empfindlich kalt die in die feuchten und warmen Luftschichten gewaltsam herabstürzenden Luftmassen aus Höhen seyn müssen, deren scharfe Bestimmung schwerlich so bald schon zu erwarten steht. Es scheint mir daher, dafs die Schwierigkeiten der Lösung dieses einfachen Problems nur künstlich herbeigeführt werden, ohne in der Sache selbst gegründet zu seyn.

5) *Höfe* um Mond und Sonne gehören gleichfalls, und sogar als vorzüglich wichtig, in das Gebiet der Meteorologie; dagegen möchte ich die Irrlichter nicht dazu rechnen, weil sie den Beschreibungen nach nicht sowohl in der Luft schweben, als vielmehr dicht über der Erde und aus letzterer auch ihren Ursprung zu nehmen scheinen.

6) *Nebel.* Sie werden am zweckmäfsigsten in feuchte und trockne abgetheilt; beide Classen sind sowohl hinsichtlich der Erscheinungen, die sie darbieten, als auch der Theorieen, die man zu ihrer Erklärung aufgestellt hat, ausführlich untersucht worden. Der *Höhrauch* soll nach Witting[1] ein elektrisches Product seyn oder die Elektricität mindestens bei seiner Bildung eine bedeutende Rolle spielen. Es ist jedoch bereits gezeigt worden, dafs man der Elektricität zur Erklärung dieses

---

1 R. Brandes Archiv des Apotheker-Vereins im nördl. Deutschland. Th. XIX. S. 180.

Phänomens nicht bedarf. Dagegen gewinnt die ohne Zweifel einzig richtige Ansicht, wonach diese trocknen Nebel nichts anderes sind, als durch heitere und trockne nördliche und nordöstliche Winde herbeigeführter, mehr oder weniger dichter Rauch von grofsartigen Verbrennungsprocessen, fortwährend mehr Anhänger.

7) *Nordlicht.* 106) Die Untersuchung dieses Meteors gehört ganz eigentlich in das Gebiet der Meteorologie. In dem ihm gewidmeten Artikel ist hauptsächlich desjenigen gedacht, welches am 7. Jan. 1831 an einer Menge von Orten seines überraschenden Glanzes wegen beobachtet wurde. Eine genaue Beschreibung der bei demselben wahrgenommenen Phänomene durch Quetelet[1], welche seitdem bekannt geworden ist, verdient der Vollständigkeit wegen hier erwähnt zu werden. Dafs die in neueren Zeiten seltener gewordenen Nordlichter sich seit jenem ungewöhnlich grofsen häufiger gezeigt haben sollten, ist mindestens nicht gewifs, jedoch läfst sich kaum mit Sicherheit hierüber entscheiden, da es jetzt leicht Mittel giebt, die geschehenen bekannt zu machen, auf der andern Seite aber die gewöhnlichen selbst dieses Aufwandes kaum werth scheinen[2]. Am 13. März 1833 wurde ein Nordlicht zu Cambridge gesehn, worüber Airy[3] berichtet, dafs es über einer dunkeln Wolke entstanden sey, die einigen undurchsichtig schien. Von hier aus entwickelten sich dann die Streifen, anfangs gekrümmt, mit der convexen Seite gegen West, nachher gerade, und einige von diesen bewegten sich nach ihrer Bildung gen Westen, meistens vier bis fünf in Gesellschaft.

---

1 Correspond. mathem. et phys. T. VII. p. 56.

2 Dafs die Menge der Nordlichter früher bedeutend gröfser war, geht unverkennbar aus dem Cataloge hervor, welchen Toaldo bei der Beschreibung des am 2. März 1780 zu Padua beobachteten grofsen Nordlichts mittheilt. Es wurden dort und in der Umgegend seit 1763 bis 1780 jährlich wenigstens eins gesehn, aufserdem 2 im J. 1768; 3 im J. 1770; 2 im J. 1774; 2 im J. 1777; 9 im J. 1778; 18 im J. 1779 und 4 im J. 1780. Für Italien ist dieses allerdings sehr viel, für nördlichere Gegenden nicht, denn Kupffer sah zu Petersburg im Jahre 1830 Nordlichter am 24. Febr., 18. März, 5. Mai, 13., 17., 18., 19. Sept., 18., 22. Oct., 8. und 15. Dec. S. Saggio di Padova. T. I. p. 178. London and Edinb. Phil. Mag. N. X. p. 263.

3 Lond. and Edinb. Phil. Mag. N. X. p. 315. Poggendorff Ann. XXIX. 481.

Einmal fiel einer von diesen mit einem andern stillstehenden zusammen, beide bildeten einen breitern und dieser bewegte sich dann weiter. Eine solche seitliche Bewegung sah Airy auch am 9. Oct. 1830, allein ihre Richtung war nach Osten. Nach 9 Uhr 30 Min. war bloſs im Westen noch ein lichter Schein. Beachtung verdient die Bemerkung, daſs viele Beobachter einen Zusammenhang dieses Nordlichts mit den Wolken wahrgenommen haben wollten. Am 21sten desselben Monats und Jahres wurde zu Manchester, Edinburg und bis nach Irland ein Nordlicht gesehn, bei welchem Potter [1] aus Messungen der Parallaxe die Höhe um 9 Uhr 11 Min. = 142,84 und um 8 Uhr 57 Min. = 195,77 engl. Meilen gefunden haben will, weswegen das Meteor bei seiner südlichen Bewegung sich bedeutend senken soll; allein es ist bereits [2] gezeigt worden, wie unsicher solche Messungen sind. Am 18. Sept. desselben Jahres wurde abermals zu Manchester ein schönes und sehr vollständig ausgebildetes Nordlicht beobachtet [3], so daſs man hiernach schlieſsen könnte, es gebe auf gleiche Weise in gewissen Gegenden nordlichtreiche Jahre, als es gewitterreiche giebt. Am 21. Dec. 1834 beobachtete Sturgeon [4] zu Woolwich ein Nordlicht, welches sich nur dadurch etwa auszeichnete, daſs es hauptsächlich aus zwei starken Lichtstreifen zu beiden Seiten des Polarsterns bestand, die um 7 Uhr Abends beinahe ganz erloschen waren, von welcher Zeit an bis 10 Uhr jedoch abwechselnd kleinere Streifen heraufschossen. Dabei wird ausdrücklich bemerkt, daſs die Richtung der Strahlen dem astronomischen und nicht dem magnetischen Meridiane parallel war, wie wohl meistens der Fall seyn mag, wenn die letztere Richtung nicht schon im voraus vermuthet wird. Auch das Nordlicht, welches eben derselbe am 18. Nov. 1835 zu Woolwich beobachtete [5], war der Beschreibung nach im astronomischen Norden, gleich weit zu beiden Seiten vom Polarstern abstehend, und unterschied

---

1 Lond. and Edinb. Phil. Mag. N. XVIII. p. 422.

2 S. Art. *Nordlicht.* Bd. VII. S. 159.

3 Nach brieflicher Mittheilung von einem Bekannten und nach öffentl. Blättern.

4 Lond. and Edinb. Phil. Mag. N. XXXIII. p. 230.

5 London and Edinb. Philos. Magaz. N. XLV. p. 134. XLVI. p. 236.

sich hauptsächlich dadurch von den gewöhnlichen Meteoren dieser Art, dafs zu einer Zeit vom unteren Rande desselben bis zum Zenith, wohin es sich erstreckte, Wellen mit unbeschreiblicher Geschwindigkeit hinströmten, die von einem andern Beobachter als ein sehr feiner Rauch, hinter welchem sich ein starkes Licht befindet, beschrieben wurden. Robinson sah ebendasselbe auf dem Armagh-Observatorium, und in einem kurzen Zwischenraume zeigten sich Wolken mit etwas Regen; aus der Vergleichung beider Beobachtungen geht aber hervor, dafs dasselbe sehr niedrig seyn mufste, mehr als irgend ein bis dahin gesehenes. Am 22. Dec. 1834 sah Feldt[1] ein schwaches Nordlicht zu Braunsberg in Ostpreufsen, ein gleiches am 27. Febr. 1835, ein gräfseres dagegen am 7. Febr. des letzteren Jahres, wobei die Bemerkung beachtet zu werden verdient, dafs nach dem Verschwinden desselben der Himmel milchig schien und lange Wolkenstreifen sich in der Richtung des Meteors nach dem Zenith und über dasselbe hinauszogen, so dafs hiernach der vermuthlich nur selten beachtete und noch seltener berichtete Zusammenhang zwischen den Nordlichtern und streifigen Wolken sich stets mehr herausstellt.

107) Den mehrerwähnten Zusammenhang zwischen Nordlichtern und der Witterung fand Erman[2] in Sibirien bestätigt. Die Temperatur war zu Beresow vom 12. bis 24. Nov. 1828 auf die gewöhnliche mittlere von — 15°,5 herabgegangen und schwankte zwischen — 13° bis — 24° R., worauf mit anhaltendem Südwinde eine ungewöhnliche Wärme von — 2°,2 R. im Mittel folgte, die zwischen + 1° und — 6° R. schwankte. Am 1. Dec. zeigte sich das erste Nordlicht, die Einwohner prophezeiten daraus die Wiederkehr der Kälte, und wirklich ging der Wind am 2. Dec. nach NW. mit einer Kälte, die schon an diesem Tage bis — 10° herabging, am Abende — 15° und am folgenden Tage — 23° R. erreichte. Erman meint, die NW. Winde könnten den Himmel gereinigt haben, um das Phänomen sichtbar zu machen, oder die wechselnden Luftströmungen liefsen sich als begünstigende Ursachen desselben betrachten. Letzteres hat allerdings Grund,

1 Poggendorff Ann. XXXV. 378.
2 Reisen. Th. I. S. 600.

insofern auch nach Gewittern das Wetter sich zu ändern pflegt und die Aehnlichkeit zwischen diesen und Nordlichtern auch anderweitig angedeutet worden ist.

108) In einer ausführlichen Abhandlung[1] eines Ungenannten werden einige zur Beschreibung der Nordlichter gehörige Thatsachen mitgetheilt, gröfserer Fleifs aber ist der Begründung einer neuen Theorie gewidmet, wonach das Phänomen durch eine eigenthümliche Gasart, beleuchtet von den gebrochenen und gespiegelten Sonnenstrahlen, erzeugt werden soll. Da schon der letzte Theil dieser Hypothese grofse Schwierigkeiten darbietet, so ist der erste um so weniger zulässig, als zur Annahme eines eigenthümlichen Gases, dessen Elemente in einfacher Form existiren und durch die gemeinschaftliche Wirkung von Elektricität, Wärme und Licht verbunden werden sollen, gar kein Grund vorhanden ist. Ross[2], welcher bei seinem langen Winteraufenthalte zu Bootia Felix viele Gelegenheit hatte, das Phänomen selbst zu beobachten, bemüht sich sehr, die ältere Hypothese zu vertheidigen, wonach das Meteor durch Spiegelung des Sonnenlichtes vom Polar-Eise und von den dortigen Schneeflächen entstehn soll, von welcher man jedoch wohl mit Recht sagen kann, dafs sie bereits genügend widerlegt worden ist. Ein Geräusch will derselbe seiner anhaltenden, schon in England lange fortgesetzten Beobachtungen ungeachtet nie wahrgenommen haben.

8) *Regen.* Dieser vorzüglich wichtige Gegenstand meteorologischer Beobachtungen ist zwar erst vor kurzer Zeit von mir ausführlich untersucht worden, aber dennoch lassen sich nicht unbedeutende Nachträge hinzufügen. Dahin gehört unter andern die Bestätigung der Angabe[3], dafs es zuweilen einzelne Tropfen bei ganz klarem Himmel regnet. Arago[4] versichert dieses von v. Humboldt und Beechey gehört zu haben, die die Thatsache in den tropischen Gegenden beobachteten; er selbst findet den Ursprung dieser Tropfen in Eistheilchen, welche, in höheren Regionen erzeugt, in den tieferen

1 Silliman Amer. Journ. of Science and Arts. T. XIX. p. 235.

2 Narrative of a Second Voyage. Appendix p. 113. Edinburgh New Phil. Journ. N. XXXVIII. p. 355.

3 S. Art. *Regen.* Bd. VII. S. 1219.

4 Edinb. New Phil. Journ. N. XLI. p. 26.

schmelzen und, wie man dreist hinzusetzen kann, vergrößert werden.

109) Rücksichtlich der heterogenen Bestandtheile, welche zuweilen mit dem reinen Regenwasser vereinigt sind, ist zu bemerken, daſs Boussingault[1] zu Riobamba Spuren von Salpetersäure darin fand, die auch Liebig darin entdeckte. Ersterer leitet den Ursprung derselben von elektrischen Explosionen ab, obgleich es leichter seyn würde, ein Aufsteigen dieser Säure von der Erde, wo sie in groſser Menge gebildet wird, anzunehmen. Ueberhaupt darf man sich wohl nicht wundern, daſs mineralische Substanzen von der Erde aufgehoben werden und im Regen wieder herabfallen, da dieses von *Vegetabilien* und selbst von *Thieren* sich nicht wohl bezweifeln läſst. So versichert Peltier einst in seiner Jugend zu Ham ein schweres Gewitter erlebt zu haben, welches vielen Regen und dazwischen eine Menge junge Kröten brachte, die auf Dächer und Höfe herabfielen, in die vom Regenwasser gebildeten kleinen Bäche eilten und auf diese Weise bald wieder verschwanden, mit Ausnahme einiger, die vom Fallen angegriffen und beschädigt schienen. Einige fielen dem Beobachter in die Hand, als er sie ausstreckte, um sich von der Gewiſsheit der Thatsache zu überzeugen. Ein anderes Beispiel theilt Dümeril von einer Dame mit, die sie auf einer Jagdparthie aus einer Gewitterwolke mit wenigem Regen herabfallen sah. Der ganze Proceſs dauerte ungefähr eine Viertelstunde. Dennoch glaubt Dümeril die Thatsache bezweifeln zu müssen und tritt der Ansicht von Redi bei, wonach solche Thiere durch die Feuchtigkeit aus ihren Schlupfwinkeln hervorgelockt werden sollen[2]. Inzwischen ist die Zahl der Augenzeugen in der That zu groſs, als daſs man beim Widerspruche gegen sie beharren dürfte. Als solchen nennt sich Huard, welchem die kleinen Kröten (*crapauds*, vermuthlich jedoch Frösche) im Juni 1833 zahlreich auf den Regenschirm fielen, Zickel, welcher dieses Phänomen im Juni 1808 zu Burgos beobachtete, sowie Gayet im Sommer 1794 und Duparque im Aug. 1834. Uebereinstimmend hiermit sah Masson im J. 1820 nach einem Regen eine prodigieuse Menge

---

1 Ann. Chim. Phys. T. LVII. p. 180.
2 L'Institut 1834. N. 76.

kleiner, etwa 10 Lin. langer Fische über eine Strecke von ungefähr 400 Schritt ausgebreitet[1]. PRINSEP fand einst einen Fisch in seinem Regenmaſse, welches auf einer 5 Fuſs hohen Säule in seinem Garten zu Benares stand, auch wurde das Herabfallen vieler Fische zu Feridpoor am 19. Febr. 1830 aus einer plötzlich sich nähernden schwarzen Wolke nach einer ihm mitgetheilten Nachricht von CAMERON durch obrigkeitliche Zeugnisse attestirt[2]. Höchst merkwürdig ist aber die Substanz[3], die nach einem Schneefalle am Ende März 1832 auf den Feldern des Dorfes Kurianowa unfern Moskau eine Strecke von 80 bis 100 Quadratruthen in der Dicke von 1 bis 2 und mehreren Zollen bedeckte. Sie war gelblich, elastisch wie Baumwolle und brannte in diesem Zustande mit einer blauen Flamme, in einem Glase aufbewahrt schmolz sie aber zu einer harzähnlichen Masse. HERMANN untersuchte sie chemisch, fand sie aus 61,5 Kohlenstoff, 7,0 Wasserstoff, 31,5 Sauerstoff zusammengesetzt und nannte sie *Uranelain*, zugleich deutet er an, daſs sie wohl aus ihren Bestandtheilen in der Atmosphäre zusammengesetzt seyn möge; doch dürfte es schwer seyn, ohne nähere Kenntniſs der begleitenden Umstände eine Hypothese über ihren Ursprung aufzustellen.

110) In Beziehung auf die Regenmengen sowohl an sich als auch hinsichtlich ihrer Abhängigkeit von den Jahreszeiten kommen hauptsächlich die periodischen Regen in Betrachtung, deren Kenntniſs durch die zahlreicher bekannt werdenden Berichte der Reisenden zunehmend erweitert wird. Inzwischen stimmen die mitgetheilten Nachrichten nicht stets mit einander überein und es ist schwer, aus ihnen die regelmäſsigen mittleren Regenzeiten mit Sicherheit zu entnehmen, insbesondere wenn der Aufenthalt nicht lange dauerte. Es bleibt daher vor der Hand nichts weiter übrig, als die verschiedenen Angaben zu sammeln, um demnächst aus einer gröſsern Menge derselben die Gesetze, denen die periodischen Regen an den verschiedenen Orten unterliegen, zunehmend gewisser festzustellen. Nach MOLLIEN[4] beginnt zu Timbo am Senegal unter

1 Ebend. N. 77 u. 78.

2 Bibl. univ. 1836. T. II. p. 159.

3 Poggendorff Ann. XXVIII. 566.

4 Reise in das Innere von Africa. Aus d. Franz. Weim. 1820. S. 323.

10° N. B. die Regenzeit am Ende des Mai und dauert fast sechs Monate mit unterbrochenen heftigen Gewittern. Dafs die Grenzen der Breite, bis wohin die eigentlichen periodischen Regen reichen, sofern sie mit einer ununterbrochenen Trockenheit wechseln, nicht auf der ganzen Erde gleich sind, unterliegt keinem Zweifel. Zu Macao unter 22° 16′ N. B. war die Regenmenge nach einem 17jährigen Durchschnitte im Jan. = 0,68 Z.; im Febr. = 1,53 Z.; im März = 2,00 Z.; im April = 5,21 Z.; im Mai = 11,00 Z.; im Juni = 10,41 Z.; im Juli = 7,25 Z.; im August = 9,29 Z.; im Sept. = 10,25 Z.; im Octob. = 5,17 Z.; im Nov. = 2,31 Z.; im Dec. = 0,93 Zoll, im Ganzen 66,03 Zoll[1]. Hier findet man allerdings ein bedeutendes Uebergewicht des Sommers über den Winter, oder genauer zwei Maxima, eins im Mai und Juni, ein anderes im August und September, dagegen ein Minimum im December und Januar, allein dennoch keinen eigentlichen absoluten Gegensatz von Trockenheit und Regenzeit. Zu Rio de Janeiro sollen nach Freycinet[2] die Regen im April und März am stärksten seyn, im Mittel aus acht Jahren aber 47 Z. 8,17 Lin. Wasser geben; dagegen erzählt Luccock[3], dafs die periodischen Regen im September mit heftigen Gewittern anfangen und durch den Monat October fortdauern, wobei die schwüle und feuchte Luft leicht Krankheiten erzeugt. Die letztere Angabe stimmt mehr mit der allgemeinen Regel überein, wonach die periodischen Regen erst dann beginnen, wenn die Sonne ihren höchsten Stand bereits erreicht oder überschritten hat. Höher hinauf zu Fernambuco[4] unter 8°,5 S. B. fällt meistens im Januar 14 Tage lang heftiger Regen, aber vom Juni bis Ende August ist die eigentliche Regenzeit. Vom September bis Januar ist es mit Sicherheit trocken, nicht so gewifs vom Februar bis Mai. In Ostindien ist die Regenmenge an den verschiedenen Orten sehr ungleich. Zu Poona (oder Puhna) unter etwa 18° N. B. betrug sie im Mittel aus fünf Jahren von 1826 bis 1830 in den einzelnen Monaten im Januar

1 Biblioth. univ. 1834. Août.

2 Voyage T. I. p. 100.

3 Bemerkungen über Rio de Janeiro. D. Ueb. Weim. 1821. S. 80.

4 H. Koster Reise in Brasilien. Aus d. Franz. Weim. 1817. S. 230.

2,29 engl. Z.; im Febr. 0; im März 0,04; im April 1,04; im Mai 8,93; im Juni 28,83; im Juli 27,53; im August 11,32; im September 13,59; im October 17,45; im November 4,52; im December 1,60, also im ganzen Jahre $\frac{117,14}{5} = 23,43$ engl. Zoll, und schwankte zwischen 29,81 und 17,83 Zoll; man kann also im Mittel 23 par. Zoll setzen. Der Juni und Juli sind eigentliche regnerische Monate, an den übrigen fallen nur einzelne Schauer; die gröfste Regenmenge an einem Tage war 2,58 engl. Zoll. Zu Dukhun, gleichfalls etwa unter 18° N. B., betrug sie im Mittel aus 12 Jahren von 1817 bis 1828 nicht weniger als 82,01 engl. Zoll oder 76,94 par. Zoll, zu Bombay aber, unter fast 19° N. B., fiel blofs im Juni bis October Regen, und zwar im Juni 24,29; im Juli 23,56; im August 18,28; im September 13,44 und im October 1,12, also im Ganzen 80,69 engl. Zoll oder 75,71 par. Zoll[1]. Zu Bancoorah unter 23° 20′ N. B. und 272° 47′ westl. L. v. G. beobachtete Macritchie[2] in den Jahren 1827 und 1828 die Regenverhältnisse. Es findet dort nur eine Regenperiode statt, die mit einer Periode von aufserordentlicher Trockne wechselt, an welcher selbst auch kein Thau fällt. Im Februar beginnt die Wärme, steigt zunehmend, wird aber erst von den Nachtgleichen an bedeutend und erreicht im Mai den höchsten Grad. Fast 9 Monate des Jahrs ist die Hitze bei Nacht in der Regel stärker als am Tage und die angenehmste Periode ist etwa 1 Stunde vor Sonnenaufgang. Die Regenzeit beginnt im Juni mit heftigen Gewittern aus Osten, erreicht ihr Maximum im Juli, läfst im August etwas nach und endigt nach einer nochmaligen Zunahme im September auf gleiche Weise, als sie angefangen hat. In den zwei Jahren waren die Regenmengen in engl. Zoll

Monat	1827	1828	Monat	1827	1828
Januar . . .	1,729	1,679	Juli	13,087	8,698
Februar . .	0,000	0,902	August . .	11,676	5,682
März . . .	1,199	0,000	September	12,678	7,272
April . . .	1,336	0,003	October . .	0,584	3,166
Mai	1,765	0,144	November .	0,217	0,601
Juni	9,479	7,368	December	0,478	0,000

1 Sykes in Philos. Trans. 1835.
2 Edinburgh New Phil. Journ. N. XXVI. p. 337.

Die mittlere jährliche Regenmenge betrug im ersten Jahre 54,228 und im zweiten 35,515 engl. Zoll, beide nicht wenig verschiedene Gröfsen geben im Mittel 44,871 engl. oder 42,103 par. Zoll. Zu Port-Louis auf Isle de France unter 20° 10′ S. B. wechselt die Regenmenge sehr und beträgt zwischen 29,25 bis 75,4 par. Zoll in 79 bis 129 Regentagen[1]. Auch auf der Cap-Colonie soll erst in der Mitte des Januar nach vorausgegangener unglaublicher Trockenheit der heftige periodische Regen beginnen[2]. Zu Sidney unweit Port Jackson auf Neuholland unter 32° S. B. ist kein eigentlicher periodischer Wechsel der Regenzeit und Dürre, allein beide folgen im schnellen Wechsel auf einander, denn es herrscht zuweilen eine zehn Monate dauernde, alles verzehrende Trockenkeit, so dafs vieles Vieh verhungert, worauf die alles erfrischenden heftigen Regen eintreten, die ungefähr einen Monat dauern und dann wieder mit der in der Regel statt findenden Dürre wechseln, während welcher meistens einzelne Regenschauer wieder die nöthige Fruchtbarkeit hervorrufen. Die Regen sind stets sehr heftig und erzeugen zuweilen höchst schädliche Ueberschwemmungen[3]. Noch weiter südlich, zu Neu-Süd-Wallis unter 33° 48′ 42″ S. B. und 150° 1′ östl. Länge von Gr., scheint nach Beobachtungen[4], welche mehr als das ganze Jahr 1823 umfassen, die Periodicität des Regens verschwunden, denn die Menge desselben betrug im April 7,215; im Mai 0,556; im Juni 2,59; im Juli 5,618; im Aug. 0,752; im September 0,576; im October 2,812; im November 1,688; im December 0,493; im Januar 1,576; im Februar 1,125 und im März 1,988 engl. Zoll und blofs die ungewöhnliche Menge im April, wenn sie nicht zufällig war, deutet auf tropischen Einflufs. Boussingault[5] hatte Gelegenheit, auf seinen Reisen einige interessante Thatsachen in Beziehung auf die tropischen Regen zu sammeln. Hiernach ist es ausgemacht, dafs die Regenmengen unter niederen Breiten während der Nacht gröfser sind, als bei Tage, statt dafs unter höheren das Gegentheil

1 Freycinet Voyage. T. I. p. 367.

2 Burchell's Reisen. Weim. 1822. Th. I. S. 366.

3 John Liddiard Nicholas Reise nach Neuseeland. Weim. 1819. S. 390.

4 Dublin Philosophical Journal. N. I. p. 150.

5 Biblioth. univ. 1836. T. I. p. 167.

Regel seyn soll, und zwar war zu Marmato, nach Messungen bei den dortigen Bergwerken angestellt, das Verhältniſs des Tages zur Nacht während der drei Monate October, November, December wie 54 zu 518, also fast wie 1:10. Nicht minder zeigt sich ein bedeutender Einfluſs der Höhe, insofern die Regenmenge mit der Höhe abnimmt. Ebenso scheint auch das Hervorstechende der beiden Regenperioden, die man unter und nahe am Aequator wahrnimmt, mit der Höhe abzunehmen. Sehr interessant sind in dieser Beziehung die genauen, zu Marmato unter 5° 27′ N. B. auf einer Höhe von 1426 Meter und zu Sta. Fé de Bogota unter 4° 36′ N. B. und 2641 Meter Höhe angestellten Messungen. Hiernach waren die Regenmengen in Centimetern

	Marmato 1833	Marmato 1834	Bogota 1807		Marmato 1833	Marmato 1834	Bogota 1807
Januar . .	8,1	1,8	6,6	Juli . . .	0,0	7,8	9,5
Februar .	12,2	5,4	1,7	August .	0,0	2,5	12,3
März . . .	22,1	5,5	0,6	Sept. . .	5,1	13,2	1,8
April . . .	10,2	17,9	6,0	Oct. . . .	9,4	25,7	12,7
Mai	27,9	22,4	15,3	Nov. . .	33,3	17,8	9,5
Juni . . .	23,6	33,4	7,9	Dec. . . .	2,5	17,8	16,4
zusammen					154,4	171,2	100,3

Auch dort sind die jährlichen Mengen sehr ungleich, woraus man sieht, welche unsichere Resultate die Messungen einzelner Monate geben müssen. Im Mittel beträgt die Regenmenge zu Marmato 162,8 Centimeter (60,15 par. Zoll) und zu Bogota 100,3 Centimeter (37,05 par. Zoll). Auf der nördlichen Halbkugel trifft man selbst unter noch höhern Breiten, z. B. zu Tanger unter 35° 48′ N. B., die periodischen Regen, indem sie dort nach Ali Bei al Abassi[1] mit den Frühlingsnachtgleichen beginnen sollen; an einer andern Stelle heiſst es jedoch, der October sey für Marocco der Regenmonat, so daſs hiernach die beiden in Mittelafrica herrschenden Perioden sich bis dorthin erstrecken müſsten. Auch zu Tunis unter 36° 50′ N. B. soll nach Blanquière[2] die Regenzeit im October

1 Reisen in Africa und Asien. D. Ueb. Weim. 1816. S. 53 u. 173.

2 Briefe aus dem mittelländischen Meere. Weim. 1821. Th. I. S. 30. u. Th. II. S. 31.

anfangen und ebenso zu Tripolis unter 32° 54′ nördlicher Breite.

111) Eine solche doppelte Regenperiode aufserhalb der tropischen Zone, namentlich im südlichen Europa, hat neuerdings Dove[1] nachgewiesen und seine Bemerkungen hierüber verdienen in Beziehung auf die von Gasparin und Kämtz hervorgehobenen Unterschiede der europäischen Regenperioden nähere Berücksichtigung. Nach L. von Buch werden die Winterregen an der Grenze der tropischen Zone und die Herbstregen im südlichen Europa beide durch das Herabsinken der Aequatorialströme an den äufsersten Grenzen der Passate bewirkt. Ist dieses richtig, so müssen die in Europa sich zeigenden stärkeren Regen nach dem Stande der Sonne mehr oder weniger hoch heraufrücken, also im Sommer Mitteleuropa erreichen, im Winter bis zur subtropischen Zone in Nordafrica herabgehn, im südlichen Europa aber mufs neben der Periode der Herbstregen auch noch eine dem Frühling angehörige bemerkbar seyn. Dove[2] findet diese doppelte Periode für Italien an den Orten, denen nördlich ein Gebirge liegt, im März und November und da, wo das Gebirge südlich liegt, im April und October. Es liefse sich dann für die Regenzeiten der gemäfsigten Zone folgendes allgemeine Gesetz aufstellen: „*Die Winterregenzeit an den Grenzen der Tropen tritt, „je weiter wir uns von diesen entfernen, immer mehr in zwei, „durch schwächere Niederschläge verbundene Maxima aus „einander, welche in Deutschland in einem Sommermaxi„mum wieder zusammenfallen, wo also temporäre Regenlo„sigkeit vollkommen aufhört.*“ Gebirgszüge und die vom atlantischen Meere herkommenden Luftströmungen haben hierauf einen unverkennbaren abändernden Einflufs.

112) Die bekannte Erfahrung, dafs die Menge des her-

1 Poggendorff Ann. XXXV. 375.

2 Die von ihm benutzten Hülfsmittel sind: Osservazioni meteorologiche fatte nel Reale Osservatorio di Palermo. 1826 — 1829. fol. Opuscolo estratto di Osservazioni meteorol. dal 1782 al 1801. di G. Calandrelli ed A. Conti. Roma 1803. 4. Risultati delle osservazioni meteorol. fatte l'anno 1806, 7, 8 nella specola Pontifica Vaticana da F. L. Gilii. Rom. 1807 — 1809. Effemeridi astronomiche di Milano. Nach einer Stelle in Sprengel's Beiträgen sollen die beiden Perioden sich auch zu Minorca und Palaestina regelmäfsig zeigen.

abfallenden Regens in der Höhe geringer ist, als über der Erdoberfläche, ist durch neue Beobachtungen bestätigt worden, welche W. Gray und John Phillips[1] auf den Wunsch der brittischen Gesellschaft der Naturforscher anstellten. Drei gleiche Regenmafse wurden aufgestellt, das eine auf der Spitze des Münsters zu York 127 par. Fufs hoch, das zweite auf dem Dache des Museums in 68,2 par. Fufs Höhe, das dritte im Garten des Münsters, und die Stadt York hatte man gewählt, weil sie in der Nähe umher frei liegt. Die Regenhöhen in den drei Gefäfsen waren nach englischen Zollen

Zeiten	Mittel Temp.	Münster	Museum	Garten
Im ganzen Jahre	48°,2 F.	15,715	20,182	23,785
7 kälteste Monate (Oct. bis Apr.)	40,8 —	7,089	9,725	12,079
7 wärmste Monate (Apr. bis Oct.)	55,5 —	11,146	13,669	15,666
5 kälteste Monate (Nov. bis März)	39,3 —	4,569	6,414	8,119
5 wärmste Monate (Mai bis Sept.)	58,5 —	8,626	10,457	11,706
Winter	36,3 —	1,626	2,326	3,297
Frühling	47,6 —	3,144	4,202	5,256
Sommer	60,8 —	6,264	7,414	8,121
Herbst	48,3 —	4,681	6,240	7,111

Der Einflufs der Höhe ist nach den Jahreszeiten sehr verschieden, denn wenn vermittelst der Formel

$$u - o = m \sqrt{h},$$

worin u die Regenmenge im Garten, o die in der Höhe h gefundene bezeichnet, der Coefficient m für die einzelnen genannten Perioden gesucht wird, so schwankt er zwischen 3,79 und 1,43. Nennt man aber den mittleren für das ganze Jahr a, so läfst sich m' für die einzelnen Perioden finden, wenn man

$$m' = \frac{a}{2}\left(\frac{t}{t'} + \frac{t^2}{t'^2}\right)$$

setzt, worin t die mittlere Temperatur des ganzen Jahres, t' aber die der einzelnen Periode bezeichnet. Als Ursache der zunehmenden Regenmenge betrachten die Beobachter die aus der unteren Luftschicht aufgenommenen Wassertheile. Poggendorff zeigt in einer hinzugesetzten Anmerkung durch Berechnung, dafs in einer Luftschicht von der angenommenen

1 Poggendorff Ann. XXXIII. 215.

Höhe auch beim stärksten Feuchtigkeitszustande eine für den beobachteten Unterschied genügende Wassermenge, nicht enthalten seyn könne und dafs daher die Häufigkeit und Dauer des Regens einen entschiedenen Einflufs ausübe. Obgleich dieses wohl gegründet ist, so darf man doch die regnende Luftschicht nicht als eine ruhende betrachten, weil dann weder der obere, noch der untere Theil derselben die beobachteten Regenmengen geben könnten, sondern man mufs berücksichtigen, dafs die durch Vereinigung kälterer und wärmerer Luftmassen gebildeten Wolken während ihres Entstehens fortschreiten und sich ihrer Feuchtigkeit entledigen. Hieraus wird erklärlich, dafs bei einem heftigen Winde am 26. März der Unterschied am stärksten war, denn die Regenhöhe in den drei Gefäfsen betrug 0,041; 0,116 und 0,238 engl. Zoll.

Rücksichtlich der jährlichen Regenmengen an den verschiedenen Orten sind mir noch folgende Bestimmungen bekannt geworden. Zu Marietta unter 39° 25′ N. B. beträgt die Regenmenge 50,25 par. Zoll; zu New-Bettford unter 46° 2′ N. B. und 82° westl. L. beträgt sie 51,00 Zoll; zu Fayetteville unter 42° 58′ N. B. nach Field[1] 55,10 par. Zoll. Die Messungen der Regenmengen zu Freiburg[2] in der Schweiz unter 46° 46′ N. B. beweisen deutlich, wie abweichend die der einzelnen Jahre sehr häufig vom allgemeinen Mittel sind, denn es wurden dort gemessen 40 par. Zoll im Jahr 1828; 46 Z. 9 Lin. im J. 1829; 44 Z. 2 L. im J. 1830; 48 Z. 10 Lin. im J. 1831; 23 Z. 8 Lin. im J. 1832 und 42 Z. 11 Lin. im J. 1833, wovon das Mittel 41,55 Zoll beträgt. Die Regenmengen zu Brüssel und Maestricht kann ich jetzt genauer, als vorher, angeben und für den letzteren Ort einen Fehler[3] verbessern, welcher daraus entstanden ist, dafs die belgischen Zolle, die nur Centimeter sind, für pariser genommen wurden, wonach die Regenhöhe unnatürlich grofs erscheinen mufste. Der genaue Beobachter der meteorischen Phänomene Crahay[4] mafs zu Maestricht von 1824 bis 1826 im Mittel 712,12 Millim.; 1827 war die Regenhöhe = 738,6; 1828 war sie 715,63;

1 Silliman Amer. Journ. of Sc. T. XXII. p. 109 u. 298.
2 Bibliothèque univ. 1834. p. 88.
3 S. Art. *Regen*. Bd. VII. S. 1280 und 1313.
4 L'Institut 1833. N. 38.

1829 gab 821,1 und 1830 nur 700,1 Millimeter, im Mittel beträgt sie also 737,71 Millimeter oder 27,26 par. Zoll. Zu Brüssel wurde gemessen im J. 1833 durch QUETELET 881,38 Millim.; 1779 durch DURONDEAU 794,1 Millim.; 1780 durch MANN 604,9 Millim. und 1787 durch denselben 609,6 Millim. also, wenn die auffallend geringen Angaben des Letzteren für genau gelten, im Mittel 722,37 Millim. oder 26,68 par. Zoll. Zu Wien im botanischen Garten, wofür eine bereits angeführte ältere Bestimmung 16,00 par. Zoll angiebt, erhielt v. JACQUIN[1] im Jahre 1832 mit einem Horner'schen Regenmafse 13,476 Zoll in 63 Regentagen. Zu Cheissac[2] in Cantal im südlichen Frankreich betrug im Jahre 1833 die Regenmenge 36,21 par. Zoll. Zu Castle Toward an der westlichen Küste von Argyle auf der Insel Bute unter 55° 45′ N. B. wurden gemessen durch KIRKMAN FINLAY[3] 43,55 engl. Zoll im J. 1829; 53,70 Z. im J. 1830; 56,05 Z. im J. 1831; 46,25 Z. im J. 1832; 55,40 Z. im J. 1833, also im Mittel aus diesen fünf Jahren 50,99 engl. Zoll oder 47,85 par. Zoll. Im Allgemeinen ist die Regenmenge der einzelnen Monate in den verschiedenen Jahren unter einander ziemlich gleich, um so auffallender mufs es seyn, so bedeutende Verschiedenheiten zu Dublin anzutreffen. Dort wurden nämlich beobachtet[4] in engl. Zoll

	1823	1824		1823	1824
Januar	4,81 e. Z.	1,58 e. Z.	Juli . .	10,02 e. Z.	1,05 e. Z.
Februar	4,62 —	1,94 —	August	4,04 —	1,59 —
März .	4,31 —	1,90 —	Septemb.	3,40 —	2,25 —
April .	7,67 —	1,45 —	October	2,71 —	7,66 —
Mai . .	5,42 —	0,28 —	Novemb.	2,56 —	1,42 —
Juni . .	1,32 —	5,67 —	Decemb.	5,64 —	3,92 —

Die Gesammtmenge von 1823 beträgt 56,52, die von 1824 dagegen nur 30,71 engl. Zoll, also kaum über die Hälfte der ersteren; im Mittel erhält man hieraus 43,615 engl. oder

1 Baumgartner's Zeitschr. Th. II. S. 378.
2 Annales d'Auvergne T. VII. p. 144.
3 Edinb. New Phil. Journ. N. XXXV. p. 145.
4 Dublin philosophical Journal No. I. p. 260.

40,924 par. Zoll. Die Regenmengen von Genf[1] kann ich kaum verbessern, wohl aber nachweisen, daſs die mitgetheilte Angabe sehr genau und die Gröſse wenig veränderlich ist, denn das Mittel aus 40 Jahren von 1796 bis 1835 beträgt genau übereinstimmend 28,51 par. Zoll. Die für den St. Bernhard mitgetheilte Angabe dagegen muſs ich wesentlich verbessern, denn sie beträgt nach einem Mittel aus 18 Jahren von 1818 bis 1835, worunter die des letzten Jahres mit 60 Z. 0,5 Lin. die stärkste war, 55,624 par. Zoll und mit Ausschluſs des letzten Jahres 55,465 par. Zoll. Die folgende Tabelle dient zur Ergänzung der hierüber bereits mitgetheilten.

---

1 Biblioth. univ. 1825. Déc. p. 455.

Orte	Polhöhe	Höhe par. F.	Regen-menge par. Z.	Autoritäten
Bancoorah	23°20′N.	- -	42,10	MACRITCHIE[1]
Bernhard[3], St. .	45 32 —	7668	55,62	- - - -
Bogota (Sta. Fé)	4 36 —	8130	37,05	CALDAS[2]
Bombay	19 — —	- -	75,71	SYKES[4]
Brüssel	50 51 —	- -	26,68	QUETELET[5]
Castle Toward .	55 45 —	- -	47,85	KIRKMAN FINLAY[6]
Cheissac[7]	44 54 —	1410	36,21	- - - -
Dublin	53 21 —	- -	40,92	- - - -
Dukhun	18 — —	1700	76,94	SYKES[4]
Fayetteville . . .	42 58 —	- -	55,10	FIELD[8]
Freiburg[9]	46 46 —	- -	41,55	- - - -
Genf[10]	46 15 —	1252	28,51	- - - -
Macaō[11]	22 16 —	- -	66,03	- - - -
Maestricht	50 49 —	- -	27,26	CRAHAY[5]
Marmato	5 27 —	4390	60,15	BOUSSINGAULT[8]
Marietta[7]	39 25 —	- -	50,25	- - - -
Neu-Süd-Wallis	33 49 S.	- -	25,32	- - - -
New-Bedford[7] .	46 2 N.	- -	51,00	- - - -
Port-Louis . . .	20 10 S.	- -	52,33	FREYCINET[12]
Puhna	18 00 N.	- -	23,00	SYKES[4]
Rio-Janeiro . . .	20 54 S.	- -	47,68	FREYCINET[13]
York	53 58 N.	- -	22,52	PHILLIPS[14]

113) Die allgemeinen, die Entstehung des Regens bedingenden Ursachen sind durch DOVE† in einer lichtvollen Uebersicht zusammengestellt worden. Aufser den Niederschlägen, die durch das Anstofsen der feuchten Wolken gegen die Gebirge

1 Edinb. New Phil. Journ. N. XXVI. p. 337.
2 Bibl. univ. 1836. T. I. p. 171.
3 Bibl. univ. 1835. Déc. p. 455.
4 Philos. Trans. 1835.
5 L'Institut. 1833. N. 38.
6 Edinb. New Phil. Journ. N. XXXV. p. 145.
7 Annales d'Auvergne. T. VII. p. 144.
8 Silliman Americ. Journ. T. XXII. p. 109. u. 298.
9 Biblioth. univ. 1834. p. 88.
10 Ebend. 1835. Déc. p. 455.
11 Ebend. 1834. Août.
12 Voyage. T. I. p. 367.
13 Voyage. T. I. p. 100.
14 Poggendorff Ann. XXXIII. 215.
† Poggendorff Ann. XXXI. 545.

entstehn, sind zunächst diejenigen zu berücksichtigen, welche durch den aufsteigenden Luftstrom (*Courant ascendant* nach DE SAUSSURE), namentlich in der äquatorischen Zone, in Thälern, die durch steile Bergwände gegen die Winde geschützt sind, und überall da erfolgen, wo durch gleichmäfsige Erwärmung der umgebenden Strecken anhaltende Windstille bei hoher Temperatur herrscht. Unter der Linie sind die hierdurch erzeugten Regen zwar die häufigsten, allein dafs auch solche dort nicht zu den Seltenheiten gehören, die dem Kampfe in verschiedenen Richtungen sich begegnender Luftströmungen ihren Ursprung verdanken, zeigt schon das Umlaufen des Windes durch einen ganzen Kreis in einer und der entgegengesetzten Richtung, welches die Hurricane und Tornados der dortigen Gegenden zu begleiten pflegt. In der gemäfsigten Zone entstehn aber bei weitem die meisten Regen dadurch, dafs wärmere und kältere Luftmassen von ungleichem Gehalte an Feuchtigkeit unter einander gemengt werden, wobei das allgemeine Gesetz herrscht, dafs die kälteren und trockenen, hauptsächlich die nördlichen und östlichen, die unteren Regionen inne haben, die wärmeren und leichteren, südlichen und westlichen aber die oberen. Hierauf beruht zugleich der innige Zusammenhang zwischen den barometrischen Schwankungen, den Windrichtungen und den Temperaturen, wie er von früheren Meteorologen, namentlich DE SAUSSURE[1], bereits durch einige Bemerkungen angedeutet, durch DOVE aber aus 24jährigen Londoner Beobachtungen (von 1807 bis 1830) bestimmt nachgewiesen worden ist. Der Zusammenhang dieser Erscheinungen läfst sich leicht übersehn. Durch die Vereinigung der verschiedenen Luftmassen wird in Folge der Abkühlung der wärmeren, mit Wasserdampf gesättigten ein Niederschlag entstehn, welcher stärker werden mufs, wenn die entstandenen Tropfen in der unteren Luftschicht noch Wasser aufnehmen, im entgegengesetzten Falle aber schwächer. Durch den Zusammenhang, welcher sonach zwischen den Niederschlägen, den Luftströmungen und der hiervon abhängigen Temperatur statt findet, wird die sogenannte *thermische Windrose* bedingt, wobei dann noch der Unterschied zu berücksichtigen ist, welcher davon abhängt, ob nördliche

1 Essay sur l'Hygrometrie IV. p. 4.

oder östliche kältere Luftströmungen den südlichen wärmeren und feuchten begegnen und ob die Drehung des Windes von Süd durch West nach Nord oder in umgekehrter Richtung erfolgt. Allgemein ist die Temperatur der Regenwinde im Winter höher, im Sommer tiefer, als die mittlere Temperatur derselben Winde, der Frühling schliefst sich in dieser Hinsicht mehr an den Sommer, der Herbst mehr an den Winter. Ebendaher ist die Temperatur der östlichen Regenwinde höher, der westlichen dagegen tiefer, als die derselben Winde im Mittel.

Ueber die *Temperatur*, den *Thau*, die *Winde*, die *Wolken* und das *Thierkreislicht* oder *Zodikal-Licht*, wenn man Letzteres gleichfalls in den Bereich der Meteorologie ziehn will, wird am gehörigen Orte gehandelt werden.

IV. Allgemeine Betrachtungen über den Gang der Witterung und die sie bedingenden Ursachen.

Die Meteorologie ist eigentlich weit mehr zusammengesetzt und ungleich schwieriger, als man gemeiniglich glaubt; es ist kaum möglich, durch theoretisches Studium sie genau kennen zu lernen, wenn man damit nicht zugleich praktische Beobachtungen anzustellen veranlafst wird und diese eine längere Zeit anhaltend fortsetzt. Das, was in den vorigen Abschnitten über diesen Theil der physikalischen Wissenschaften mitgetheilt worden ist, die vorhandenen gehaltreichen Abhandlungen, die zahlreichen, tief in das Wesen der Sache eingehenden Untersuchungen einzelner Meteore und einige grofsen Scharfsinn und viele Gelehrsamkeit zeigende Werke, unter denen die Meteorologie von Kämtz den ersten Platz einnimmt, zeigen genügend, dafs dieses Feld keineswegs vernachlässigt und dafs die Theorie der meteorischen Phänomene durch den Fleifs zahlreicher Gelehrten ausnehmend gefördert worden ist, allein dennoch bleibt noch vieles dunkel, und die Bedingungen der Witterung sind so zahlreich und verwickelt, dafs meistens nur eine langjährige Erfahrung namentlich Schäfern, Fischern und Schiffern die erforderlichen Mittel darbietet, den Gang derselben an einzelnen Orten mit einiger Si-

cherheit vorauszubestimmen. Dieses läfst sich nicht theoretisch erlernen, es mufs durch praktische Uebung erlangt werden, und die Meteorologie als Wissenschaft pflegt sich daher zu beschränken, nur den Zusammenhang der meteorischen Erscheinungen unter sich und ihre in dem weit verbreiteten Luftmeere liegenden Ursachen aufzusuchen, zugleich aber auch die Mittel anzugeben, unsere Kenntnifs der vielfach verwickelten Processe zu befördern.

114) Meteorologische Register gewähren vorzüglichen Nutzen, wenn sie gehörig vollständig[1], aber auch nicht von zu grofser Ausdehnung sind, so dafs sie den künftigen Forscher durch die Masse erdrücken; denn wie sehr diese letztere anwachsen müsse, ergiebt sich schon daraus, dafs 4 bis 5 der nöthigsten Beobachtungen, dreimal täglich aufgezeichnet, in einem einzigen Jahre 4380 oder 5475 einzelne Angaben betragen, mithin nach 10 Jahren zu 43000 bis 54000 anwachsen. Da die Witterung sich jeden Augenblick ändern kann und hierin an gar keine feste Zeit gebunden ist und da man über die gröfsere oder geringere Bedeutsamkeit der verschiedenen meteorologischen Phänomene und dessen, was hiermit in Verbindung steht, noch keineswegs bestimmt entschieden hat, so ist die Menge der täglich aufzuzeichnenden Beobachtungen und die Summe der in diesen Bereich zu ziehenden Erscheinungen willkürlich und sowohl die gewählten Zeiten, als auch die Zahl der aufzuzeichnenden Phänomene hängen von der durch äufsere Umstände bedingten Willkür des einzelnen Beobachters ab. So viel ist wohl gewifs, dafs nächtliche Beobachtungen denen am Tage rücksichtlich ihres Werthes kaum oder überall nicht nachstehn, allein beide zu vereinigen liegt aufser der Möglichkeit des einzelnen Beobachters, wenn er auch noch so sehr, wie Kämtz bemerkt, ein Sclav seiner Instrumente werden wollte. Sehr nützlich ist es aber, bei aufsergewöhnlichen und nicht leicht wiederkehrenden Gelegenheiten einen oder einige Monate lang stündlich aufzuzeichnen, wie dieses am vollständigsten bei der Krusenstern'schen, minder vollständig, aber längere Zeit anhaltend, bei Ross'ens und Parry's Expeditionen geschehn ist. Ein

1 Ueber deren Form und Inhalt s. Transact. of the New-York philos. Soc. T. I. p. 341.

anderes, ungleich leichteres, aber wegen seiner weiteren Ausbreitung anderweitig wichtiges Hülfsmittel, zur Aufhellung schwieriger Aufgaben zu gelangen, besteht darin, gewisse einzelne Tage zu verabreden und an diesen an verschiedenen weit von einander entlegenen Orten stündlich aufzuzeichnen, wie dieses bereits durch Brewster[1] und 1823 für einige Monate mit specieller Beziehung auf das Barometer durch die Berliner Akademie veranlafst wurde. Aus den oben mitgetheilten Untersuchungen über die unregelmäfsigen Barometer-Oscillationen, aus den früheren über die Regenverhältnisse und aus den zu seiner Zeit noch anzustellenden über die Temperaturen geht genügend hervor, von welcher Wichtigkeit gewisse allgemeine Luftströmungen für die meisten meteorologischen Phänomene sind, so dafs es sich allerdings der Mühe lohnt, diese näher ins Auge zu fassen. Neuerdings hat Herschel[2] sich durch vergleichende Beobachtungen in Indien und auf dem Cap von einer dort statt findenden allgemeinen Bewegung der Atmosphäre überzeugt, und es ist erfreulich zu erfahren, dafs auf Veranlassung der africanischen Gesellschaft am 21. März, 21. Jun., 21. Sept. und 21. Dec. von Morgens 6 Uhr bis am andern Tage Abends um 6 Uhr stündliche Beobachtungen angestellt werden.

115) Das Aufzeichnen der meteorologischen Beobachtungen kann in der Regel nur als ein Nebengeschäft betrachtet werden, und jeder wählt daher diejenige Zeit, die ihm bei seinen sonstigen Arbeiten und nach der Localität am gelegensten ist. Häufig werden bei drei täglichen Aufzeichnungen die beiden Stunden um 9 Uhr und dann etwa um 2 Uhr Nachmittags gewählt. Wird vorzugsweise der Gang der Temperatur berücksichtigt, so geben die beiden ersten Stunden am besten die mittlere Wärme und die letztere meistens das Maximum; berücksichtigt man mehr die regelmäfsigen Barometerschwankungen, so sind nach Kämtz[3] die Stunden 4^h, 10^h, 16^h und 22^h, oder 4 und 10 Uhr Morgens und Abends des bürgerlichen Tages, am geeignetsten, die zugleich auch die mittlere Temperatur sehr genau geben. Verlangt man zunächst

1 Edinb. Journ. of Science. N. XI. p. 144.
2 L'Institut. 1835. N. III. p. 203.
3 Meteorologie. Th. II. S. 264 u. 286.

den mittleren Barometerstand zu wissen, so ist Mittags oder um 12½ Uhr ungefähr eine passende Zeit. Inzwischen sind die regelmäfsigen, ohnehin unter höheren Breiten nur geringen, barometrischen Oscillationen bereits sehr genau bekannt, und Dove[1] bemerkt mit Recht, dafs sie im Grunde weniger Aufmerksamkeit verdienen, als die unregelmäfsigen, deren Zusammenhang mit den Luftströmungen zur genauen Erforschung der barometrischen Windrose ein wesentliches Element darbietet. Der gewöhnliche Beobachter wird nicht leicht über ein viermaliges tägliches Aufzeichnen hinausgehn und die hierzu oder zu einer dreimaligen, zweimaligen oder einmaligen Aufzeichnung gewählten Zeiten werden jedenfalls durch die Convenienz und Bequemlichkeit jedes Einzelnen bestimmt werden; dabei wäre es aber gewifs sehr wünschenswerth, wenn diejenigen, die ihr Barometer im Zimmer oder so in der Nähe haben, dafs die Beobachtung keinen zu grofsen Zeitaufwand erfordert, zwei Rubriken für den täglichen höchsten und niedrigsten Stand auszufüllen sich die Mühe nähmen. Rücksichtlich der Temperatur ist es wohl von gröfster Wichtigkeit, die mittlere des Ortes zu kennen. Wie diese genau zu finden sey, wird im Art. *Temperatur* ausführlich gezeigt werden; vorläufig genügt die Bemerkung, dafs hierzu die beiden Stunden um 9 Uhr sehr zweckmäfsig sind, und da es zur Erleichterung des Gedächtnisses angemessen ist, die verschiedenen Aufzeichnungen gleichzeitig vorzunehmen, so hat dieser Umstand wohl zunächst die Wahl der beiden Stunden um 9 Uhr, nebst einer dritten, etwa um 2 Uhr, zur Erhaltung des Maximums, veranlafst. Dabei ist es leicht und nützlich, durch Benutzung eines Rutherford'schen Thermometers zugleich das Maximum und Minimum aufzuzeichnen. Die Regentage und Regenmengen werden meistens nur oberflächlich notirt, und die meisten begnügen sich damit, die monatlichen Höhen der meteorischen Niederschläge nach einem nicht eben zweckmäfsig eingerichteten Regenmafse aufzuzeichnen. Billig verdienten diese Bestimmungen eine gröfsere Sorgfalt, als welche ihnen bisher geschenkt wurde, was sich erst dann erwarten läfst, wenn zweckmäfsigere Regenmafse, etwa die Horner'schen, allgemeiner eingeführt werden. Eine ge-

1 Poggendorff Ann. XXXI. 540.

nauere Kenntniſs der Regenverhältnisse gegebener Orte ist auſserdem für die Landwirthschaft von groſser Wichtigkeit. Die Aufzeichnung des *Hygrometers* ist allerdings nützlich, denn die Kenntniſs des Feuchtigkeitszustandes der Atmosphäre gehört mit zur Uebersicht und Beurtheilung der gesammten Witterungsverhältnisse, auch ist das *Psychrometer* ein leicht zu beobachtender, die Richtigkeit seines Ganges nicht ändernder Apparat, und in dieser Hinsicht den sonstigen Hygrometern, hinsichtlich der Bequemlichkeit und Wohlfeilheit beim Gebrauche aber ein dem Daniell'schen weit vorzuziehender Apparat. Dabei ist es von groſsem Interesse, den täglichen Gang der Feuchtigkeit nicht bloſs an einem gewissen Tage, sondern unter verschiedenen Bedingungen, als zur Zeit groſser oder geringer Trockenheit; in den verschiedenen Jahreszeiten, vor und nach einem Regen oder einem Gewitter u. s. w. kennen zu lernen, und hierzu ist dann eine stündliche Aufzeichnung nicht bloſs am Tage, sondern auch bei Nacht erforderlich. Diese läſst sich jedoch nicht bewerkstelligen und würde auf jeden Fall einen unverhältniſsmäſsigen Aufwand erfordern, vielmehr genügt es, mit den übrigen täglichen Aufzeichnungen auch die des Psychrometerstandes zu verbinden, wofür mit Rücksicht auf die Convenienz des Beobachters eine frühe Morgenstunde, eine um die Mittagszeit und eine am Abend am passendsten sind; jedoch ist es wünschenswerth, in einigen auſsergewöhnlichen Fällen die etwa gegebene Muſse auf stündliche Aufzeichnungen zu verwenden. Bei weitem den wichtigsten Theil der meteorologischen Beobachtungen, zugleich aber auch den schwierigsten und unsichersten, machen die Windrichtungen aus, da man sich in der Regel bloſs auf diese ohne Rücksicht auf die Stärke der Winde zu beschränken pflegt. Zuvörderst ist der eigentliche Stand der Windfahnen, wenn sie nicht mit durchgehenden Stangen und einem daran befestigten Zeiger versehn sind, besonders aus der Entfernung schwer zu erkennen, dann aber ist die durch die Windfahne angegebene Richtung nicht leicht eine längere Zeit bleibend, sondern wechselt, hauptsächlich bei stärkeren Winden, häufig in einem Umfange von selbst 90 Graden, endlich aber wird die angezeigte Windrichtung häufig durch örtliche Ursachen, als Gebirgszüge und in Städten selbst durch die Lage hoher Häuser, abgeändert, so daſs hieraus leicht nicht bloſs einzelne Irrthümer entstehn können,

sondern durch ungünstige Umstände sogar ganz falsche Resultate erhalten werden. Grofse Vorzüge gewähren daher die an hoch und frei liegenden Orten angestellten Beobachtungen. Es lassen sich für diese nicht füglich passende Stunden festsetzen, weil die Veränderungen der Richtung oft schnell auf einander folgen, zuweilen in längeren Zeiten nicht statt finden, indem beständige Winde mit veränderlichen regellos wechseln. Da, wo es an Zeit nicht fehlt, ist es daher am geeignetsten, die jederzeitigen Veränderungen mit Angabe der Stunde anzumerken, wie dieses beim Winteraufenthalte des Cap. Ross zu Bootia Felix geschehn ist, allein solche hierzu günstige Umstände sind nicht leicht zu erhalten und es ist daher schon viel gewonnen, wenn nur täglich ein- oder etlichemal die Windrichtung genau aufgezeichnet wird [1]. Nicht unwichtig ist es sicher, hiermit eine Angabe der Richtung der Wolken, mit Unterscheidung der oberen und unteren, zu verbinden; denn hieraus läfst sich auf die herrschenden Luftströmungen schliefsen, und es ist in den bisherigen Untersuchungen häufig angedeutet worden, von welcher Wichtigkeit diese für die gesammte Witterungskunde sind.

Aufser dem Barometer- und Thermometer-Stande, der Windrichtung und meistens auch den Angaben des Hygrometers pflegen die meteorologischen Register noch eine den sonstigen Meteoren gewidmete Rubrik zu enthalten, worin die unregelmäfsigen Phänomene aufgezeichnet werden. Dahin gehört vorzüglich die wechselnde Bedecktheit des Himmels, die man gewöhnlich der Kürze wegen durch Zahlen angiebt, so dafs 0 völlige Heiterkeit und mit den zwischenliegenden 1, 2, 3 die Zahl 4 gänzliche Bedecktheit mit Wolken bezeichnet. Zunächst gehören dann dahin die Hydrometeore, als Nebel, Regen, mit specieller Bezeichnung der Gewitter, Schnee, Hagel und Reif. Zuweilen fügt man noch eine Bezeichnung der Gestalt der Wolken hinzu und nur wenige lassen aufsergewöhnliche Meteore, als Feuerkugeln und Nordlichter, unbemerkt vorübergehn. Die magnetischen Beobachtungen gehören

1 Ein ausnehmend grofser Schatz ist nach einigen mir bekannt gewordenen Aeufserungen in den Beobachtungs-Registern enthalten, welche von den Capitains der englischen Schiffe stets ausgefüllt und an die Admiralität abgegeben werden.

eigentlich nicht in das Gebiet der Meteorologie, sie pflegen jedoch häufig den meteorologischen Registern angehängt zu werden.

116) Es giebt verschiedene theils ältere meteorologische Register, aus denen die Thatsachen zur Begründung der allgemeinen Witterungsgesetze entnommen werden. Da die meisten derselben bereits gelegentlich erwähnt wurden, so würde es unnöthiger Aufwand seyn, sie hier nochmals zusammenzustellen; einige derselben verdienen jedoch vorzugsweise hervorgehoben zu werden. Dahin gehören die reichhaltigsten unter allen, die der Mannheimer meteorologischen Gesellschaft[1], die der baierschen Akademie[2], die durch vorzügliche Vollständigkeit und Genauigkeit ausgezeichneten Apenrader Beobachtungen[3], die durch Quetelet[4] zusammengestellten älteren und neuerdings fortgesetzten belgischen, die des Canonicus Stark[5] zu Augsburg, die schätzbaren Uebersichten der Witterung, welche Schübler[6] von 1825 an bis an seinen im Sommer 1834 erfolgten Tod herausgegeben hat und die vermuthlich noch ferner fortgesetzt werden, und mehrere andere. Auch im Auslande sind verschiedene erschienen, z. B. von J. Lovell[7] in Nordamerica und von Dorta[8] zu Rio de Janeiro. Häufig sind meteorologische Register den Zeitschriften angehängt, als die Beobachtungen zu Genf und auf dem St. Bernhard der Bibliothèque universelle, die von Placidus

---

1 Ephemerides Soc. meteorol. Palatinae 1783 bis 1794. gr. 4. Dazu Hemmer descriptio instrum. Soc. met. Palat. Mannh. 1782.

2 Meteorologische Ephemeriden der baierischen Acad. d. Wissensch. Münch. 1781 bis 87. 4.

3 Collectanea meteorologica sub auspiciis Societatis Scient. Danicae edita. Fasc. I. Hafniae 1829. gr. 4.

4 Aperçu historique des observations de Météorologie faites en Belgique jusqu'à ce jour. Bruxelles 1834. 4.

5 Meteorologische Jahrbücher. Augsb. 1813 und mehrere folgende Jahrgänge.

6 Correspondenzblatt des würtembergischen landwirthschaftlichen Vereins 1825 u. f. Jahre. Lehrreiche Vergleichungen finden sich in den Jahrgängen 1829 und 1830.

7 Meteorological Register for 1822, 1823, 1824 u. 1825 cet. prepared by J. Lovell. Washingt. 1826. 4.

8 Memorias da Acad. Real das Sciencias de Lisboa. T. I. No. 14. T. II. No. 16.

Heinrich dem Jahrbuche von Schweigger, mehrjährige von Winkler zu Halle den Gilbert'schen Annalen, die der Londoner Societät ihren Transactionen, die der Pariser Sternwarte den französischen Annalen für Chemie und Physik, und so findet man außerdem mehrere in England geführte Beobachtungs-Register in englischen Zeitschriften, die aus Frankreich in französischen, die aus America in americanischen u. s. w. Zuweilen werden einzelne ausgezeichnete Jahre oder merkwürdige Gegenden einzeln beschrieben, als die Witterung des Jahres 1783 von Gronau[1], Fischer[2] und Brandes[3], des Jahres 1829 von Schübler[4], des heißen Sommers 1811 von Pfaff[5], die Witterungsverhältnisse zu Madagascar[6] und andere mehr.

117) Will man den inneren Zusammenhang der meteorologischen Phänomene übersehn, so müssen vor allen Dingen die Ursachen aufgesucht werden, die auf sie bedingend einwirken. In dieser Beziehung ist es zuerst von großer Wichtigkeit zu entscheiden, ob unsere Erde mit der sie umgebenden Atmosphäre unter dem Einflusse anderer Himmelskörper stehe. Wenn man berücksichtigt, daß die älteren Kalender zugleich die Witterung aus astrologischen Gründen vorher verkündigten, so darf man sich nicht wundern, daß der Glaube an den Einfluß der Gestirne auf die Meteore sehr allgemein verbreitet war. In den neueren Zeiten, als sich die Meteorologie durch Toaldo, Cotte, Gronau, de Saussure, de Luc und andere neu gestaltete, beschränkte man sich zunächst nur auf den Einfluß des Mondes, den man im Ganzen für ausnehmend bedeutend ansah, bis ebendiese und ihnen zunächst folgende Untersuchungen diesen Trabanten der Erde fast gänzlich außer den Besitz von Kräften setzten, die man ihm so lange gutwillig zugestanden hatte. Wenn man den Geist und die Tendenz der Verhandlungen hierüber und überhaupt die Gestaltung

1 Neue Schriften d. Berliner Ges. Naturf. Freunde. Th. III. S. 129.

2 Ebend. Th. IV. S. 249.

3 Beiträge zur Witterungskunde. Leipz. 1820. 8.

4 Correspondenzblatt des würtemb. landwirthschaftl. Vereins. Th. XVIII. S. 119.

5 Ueber den heißen Sommer 1811. Kiel 1812. 8.

6 Journ. of the Royal Instit. N. I. p. 29.

der physikalischen Wissenschaften berücksichtigt, so muſs man sich in der That wundern, daſs der Glaube an astrologische Einflüsse der Planeten und Fixsterne, ja sogar unbekannter kosmischer Potenzen, eines Weltäthers und dergleichen, auf den Gang der Witterung noch in diesem Jahrhunderte einige Anhänger fand. Als solche können genannt werden Haberle[1], Stark[2], Ellinger[3] und hauptsächlich Kastner[4]. Auch Rumi[5] legt nicht bloſs den Planeten einen merklichen Einfluſs auf die Meteore bei, sondern leitet auch die groſse Ueberschwemmung in Ungarn im Jahre 1813 von einer Einwirkung des groſsen Kometen von 1811 her. Allerdings ist es vielen aufgefallen, daſs das Erscheinen dieser ohnehin räthselhaften Himmelkörper namentlich in den Jahren 1807, 1811 und 1819 mit ungewöhnlich heiſsen Sommern zusammenfiel, allein theils waren gerade diese Kometen nur ungewöhnlich groſse oder der Erde sehr nahe kommende, die man daher vorzugsweise vor andern, welche alle Jahre, mitunter sogar in der Mehrzahl, ihren Lauf um die Sonne vollenden, zu beachten veranlaſst wurde, theils hat das Zusammentreffen eines im Ganzen kühlen und nassen Sommers im Jahre 1835 mit der Wiederkehr des berühmten Halley'schen Kometen die Nichtigkeit einer auf frühere Erfahrungen gebauten Regel genugsam dargethan.

118) Suchen wir die Frage über den Einfluſs auſserirdischer Potenzen auf die meteorologischen Phänomene im Geiste ruhiger physikalischer Forschungen zu beantworten, vermeiden wir es, durch eine ungezügelte Phantasie die Einwirkung von Kräften anzunehmen, deren Nichtexistenz eben deswegen nicht zur Evidenz bewiesen werden kann, weil ihre eigentliche Wesenheit überall nicht genau bestimmt wird, und halten wir uns schulgerecht bloſs an dasjenige, was übereinstimmend mit anderweitigen wohlbegründeten Naturgesetzen aus bewährten Erfahrungen folgt, so gelangen wir zu folgenden,

---

1 Meteorologisches Jahrbuch zur Beförderung u. s. w. Weimar 1810. und andere meteorol. Schriften dieses Verf.

2 Beschreibung der meteorol. Instrumente u. s. w. Augsb. 1815.

3 Beiträge über den Einfluſs der Himmelskörper auf unsere Atmosphäre. München 1814.

4 Handbuch der Meteorologie. Erlangen 1823 — 1826. 2 Th. 8.

5 Wiener Zeitschrift. Th. V. S. 175.

durch grofse Mühe und beharrliche Anstrengung vieler Gelehrten aufgefundenen Resultaten. Zuvörderst ist der Einflufs der Sonne vermöge ihres allbelebenden Lichtes und der gespendeten Wärme niemals zweifelhaft gewesen[1], die vielbestrittene Einwirkung des Mondes dagegen erfordert eine specielle Untersuchung. Aufserdem aber sind alle meteorischen Phänomene, wenn wir die Sternschnuppen, Feuerkugeln und die aus ihnen herabkommenden Meteorsteine als entschieden kosmisch ausnehmen und ein entscheidendes Urtheil über das Zodiakal-Licht und allenfalls auch das Nordlicht einstweilen zurückhalten, auf die Grenzen unserer Atmosphäre beschränkt, die in Gemäfsheit der Resultate aller Untersuchung viel zu niedrig gefunden wurden, als dafs irgend einer der Planeten, noch weniger aber der in wahrhaft unermefslicher Ferne befindlichen Fixsterne einen Einflufs darauf äufsern könnte, und auch von den Kometen ist bisher keiner der Erde so nahe gekommen, dafs eine nachweisbare Einwirkung desselben factisch begründet wäre, auf blofse Möglichkeiten und unbestimmte Conjecturen darf sich aber kein Physiker in seinem eigenthümlichen, ohnehin an dem mit Gewifsheit Gegebenen so reichhaltigen Gebiete einlassen.

119) Ein stark bedingender Einflufs des Mondes ist von den ältesten Zeiten her so allgemein angenommen worden, dafs viele nicht ohne einiges unverkennbares Gewicht hieraus ein Argument für die Wahrheit der Hypothese hergenommen haben, weil dem sogenannten Volksglauben meistens etwas zum Grunde zu liegen pflegt. Schon VIRGIL[2] glaubte an eine innige Verbindung zwischen den Mondwechseln und der Witterung und so herrscht noch bis jetzt der Glaube sehr allgemein, dafs beide im genauesten Zusammenhange stehn, denn man erwartet die Wetterveränderungen meistens mit dem Eintritte der Mondperioden. Manche partielle, im Volke herrschende Vorstellungen verdienen kaum erwähnt zu werden, z. B. dafs bei

---

1 Vergl. Art. *Sonne.*

2 Georg. L. I. v. 432. sagt von den Mondphasen:

Sin ortu quarto (namque is certissimus auctor)
Pura, neque obtusis per coelum cornibus, ibit,
Totus et ille dies et qui nascentur ab illo
Exactum ad mensem pluvia ventisque carebunt.

trübem Himmel, wenn man Regen erwartet, die Wolken durch den aufgehenden Mond zerstreut würden und daſs das helle Mondlicht in den Monaten April und Mai die Pflanzen verderbe[1]. Einige Gelehrte schlugen vor, die Stellungen der Sonne und des Mondes mit den Ergebnissen der meteorologischen Beobachtungen in Verbindung zu bringen und hierauf eine, den astronomischen Vorherbestimmungen ähnliche Witterungskunde zu gründen. Toaldo[2] stellte einige hierauf bezügliche Aphorismen auf, Lambert[3] machte bestimmtere Vorschläge und Gatterer[4] berechnete Tabellen, die auf den Stand der Sonne und des Mondes als Hauptbedingungen gegründet waren, nahm dann ein meteorologisches Grundjahr an, wozu ihm seine eigenen vom 8. Nov. 1779 bis zum 18. Nov. 1780 fast stündlich angestellten Beobachtungen dienten, und glaubte hierdurch zur Erzielung eines meteorologischen Kalenders zu gelangen. Am vollständigsten wurde das System vom Einflusse des Mondes durch Toaldo[5] begründet. Hiernach existiren zehn bedingende Mondpuncte, nämlich vier Mondphasen, die Erdnähe und Erdferne, die beiden Durchgänge durch den Aequator und die beiden Abweichungen dieses Trabanten. Mit seltener Ausnahme soll jede Wetterveränderung mit einem dieser Mondpuncte zusammenfallen, das Zusammenfallen mehrerer verstärkt die Wirkung, vorzüglich das Zusammenfallen der Syzygien mit der Erdnähe und Erdferne. Die Erdnähen, Neu- und Vollmonde, die Durchgänge durch den Aequator und die nördliche Mondwende sollen mehr zu schlechtem, die Erdferne, die Quadraturen und die südliche Mondwende sollen mehr zu gutem Wetter disponiren. Nicht auf die Tage der Mondpuncte fallen die Wetterveränderungen, sondern eilen in den sechs Wintermonaten voraus, und folgen in den sechs Sommermonaten nach. Auch die Octanten leiten die Wechsel ein und man kann von ihnen auf die künftigen Veränderungen schlieſsen, bleibt aber

1 Arago Unterhaltungen aus dem Gebiete der Naturkunde. Uebers. von Remy. Stuttg. 1836. S. 229.

2 Journ. de Phys. 1785. Nov. p. 388.

3 Nouv. Mém. de Berlin 1771. p. 60.

4 Lichtenberg's Magaz. für das Neueste aus d. Phys. Th. I. St. 2. S. 1.

5 Saggio meteorologico. In Padova 1771. 4.

das Wetter am 4., 5. und 6. Tage des Mondpunctes unverändert, so hält es sich bis zum Vollmonde oder nächsten Neumonde. Aufser vielen speciellen Regeln, die sich auf die Tagsstunden der Mondperioden beziehn, sollen auch die schlimmsten Jahre dann eintreten, wenn die Mondapsiden in die vier Cardinalpuncte des Thierkreises fallen, gute dagegen, wenn sie in die Zeichen des Stiers, Löwen, der Jungfrau und des Wassermanns fallen. Hiernach sind sich die achtzehnten Jahre ähnlich, aber das 54ste Jahr kommt dem ersten unter allen am nächsten, weil darin die meisten Mondpuncte wiederkommen. Nimmt man zu diesen Combinationen noch die vielen hier übergangenen, so wird ihre Zahl so grofs, dafs allenfalls auf jeden Tag eine oder einige fallen und man also jede Veränderung des Wetters in dieses System zwängen kann, eine nothwendige Folge davon, dafs Toaldo alle aus funfzigjährigen Beobachtungen entnommenen Regellosigkeiten zu vereinigen und unter feste Regeln zu bringen sich bemühte. Auch Gatterer gelangte durch die zahllosen eingeschobenen Epakten zu Perioden, die für den Mond 350 und für die Sonne 400 Jahre betragen sollten.

120) Der Glaube an einen bestimmten Einflufs der Mondphasen, insofern die Veränderungen des Wetters daran gebunden seyn sollten, mufste bei denen bald wankend werden, die meteorologische Register führten oder nachsahen und dadurch das keineswegs regelmäfsige Zusammentreffen beider gewahrten; inzwischen wollten die eigentlichen Meteorologen die Sache nicht ganz aufgeben und kamen daher auf einen mit der Mondperiode regelmäfsig wiederkehrenden Wechsel, die bekannte 19jährige, vom Stande des Mondes zur Sonne abhängige Periode zurück. Unter die Vertheidiger dieser Hypothese gehören vorzüglich Hanow[1], Toaldo[2], durch welchen sie in Folge praktischer Anwendungen allgemeinere Bekanntwerdung erhielt, Lamark[3], welcher sie sehr lebhaft ver-

1 Wittenberger Wochenblatt. 1768. S. 5.

2 Witterungslehre für den Feldbau. Uebers. von Steudel. 3te Aufl. Berl. 1786. Journ. de Phys. T. XIII. p. 44.

3 Journ. de Phys. T. XLVI. p. 428. T. LII. p. 296. T. LIII. p. 277. Annuaire météorologique pour l'an XIV. Par. 1805. G. VI. 204.

theidigte, und Cotte[1], dessen unübersehbar reichhaltige gesammte eigene und fremde Beobachtungen ihr eine vorzügliche Stütze gewährten. Hauptsächlich nach eigenen 30jährigen Beobachtungen spricht er zuerst den Phasenveränderungen des Mondes allen Einflufs ab, leugnet, dafs nach Kirwan's Annahme der Sommer das Prognosticon des Winters gebe, und erklärt sich gegen einen erkältenden Einflufs der Sonnenflecken, jedoch vertheidigt er die 19jährige Periode und bestimmt hiernach den allgemeinen Charakter der Witterung im voraus, die jedoch keineswegs seiner Bestimmung gemäfs erfolgte, denn danach mufste der November des Jahres 1812 kalt und feucht seyn, er war aber anfangs warm, dann kalt und trocken; der December sollte mild und feucht seyn, war aber kalt und trocken, der Januar 1813 sollte mild und trocken seyn, war aber mild und nafs. Auf gleiche Weise, als hier in Beziehung auf Cotte's 19jährige Periode geschehn ist, widerlegte dieser die von Lamark aufgestellte Theorie aus der Erfahrung[2], und so läfst sich auch leicht zeigen, dafs Kratzenstein's[3] Resultate auf falschen Voraussetzungen beruhn. Man begnügte sich zuweilen nicht damit, einen Einflufs des Mondes auf die Witterung anzunehmen, sondern legte diesen Trabanten auch eine Einwirkung auf das Gedeihen der Pflanzen und den Gesundheitszustand der Menschen und Thiere bei. Aus den astrologischen Kalendern erhielten sich die Vorurtheile, dafs Sämereien und Pflanzen bei zunehmendem Monde ein besseres Gedeihen zeigten, als bei abnehmendem. Nach einem noch fortwährend herrschenden Glauben sollen Haare, Nägel, Hühneraugen u. s. w. stärker wieder wachsen, wenn sie bei zunehmendem Monde geschnitten werden, als wenn dieses bei abnehmendem geschieht, mehrere Krankheiten sollen mit den Wechseln dieses Trabanten sich gleichfalls verändern und insbesondere sollen selbst nach Reil die Matrosen in Batavia durch das Schlafen im Mondschein die Tagblindheit bekommen. Unter vielen andern hat namentlich

---

1 Traité de météorologie. Par. 1774. 4. Eb. 1789. 2 Voll. 4. Journ. de Phys. XX. p. 249. LXI. p. 129.

2 Journ. de Phys. T. VII. p. 358. G. VI. 217.

3 Abhandlung von dem Einflusse des Monds in die Witterung. Halle 1771.

MEAD[1] die Wirkungen des Mondes auf den menschlichen Körper und die durch ihn bewirkten Veränderungen der Krankheiten aufgezählt, hauptsächlich aber rühren von BALFOUR[2] die vielen Erzählungen von denjenigen Krankheiten her, welche namentlich in Ostindien durch den Mondschein, hauptsächlich das Schlafen in demselben, angeblich erzeugt werden. Die Autorität des Letzteren wurde häufig als beweisend gegen diejenigen gebraucht, die solche Wirkungen zu bezweifeln geneigt waren, denn die zahlreichen älteren Zeugnisse schienen mehr auf einem veralteten Vorurtheile zu beruhn, z. B. des SANCTORIUS[3], wonach die Menschen mit dem Mondwechsel an Gewicht zu- und abnehmen sollen, des LUCILIUS bekannte Behauptung, daſs Krebse und Austern beim Vollmonde am fettesten gefunden würden, und andere mehr. Auch über den Einfluſs des Mondes auf den Verlauf der Krankheiten fehlte es an vorgeblichen Thatsachen nicht, jedoch stimmten die Behauptungen nicht mit einander überein. So versichert DIEMERBROEK, daſs die im J. 1636 zu Nimwegen herrschende Pest beim Vollmonde, RAMUZZINI dagegen, daſs das pestartige Fleckfieber, welches 1692, 1693 und 1694 in Oberitalien herrschte, bei abnehmendem Monde sich am gefährlichsten gezeigt habe und bei einer Mondfinsterniſs am 21. Jan. 1693 seyen sogar ungewöhnlich viele Patienten daran gestorben[4]. Der früher allgemein herrschende Glaube an einen sehr merklichen Einfluſs des Mondes auf die Gesundheit der Menschen und Thiere, die Vegetation der Gewächse und hauptsächlich auf die Witterung erhielt sich fortdauernd bei der gröſseren Menge, fand aber auch selbst dann noch Anhänger unter den Gelehrten, als die Physik strenger wissenschaftlich bearbeitet wurde und man nicht leicht ein Naturgesetz als richtig anerkannte, ohne den inneren Zusammenhang zwischen Ursache und Wirkung bei demselben nachzuweisen, was rücksichtlich

---

1 De imperio Solis et Lunae in corpus humanum cet. Amst. 1710. 8. Auch in dessen Mechanica expositio Venenorum. Lugd. Bat. 1737.

2 Ueber den Einfluſs des Mondes auf Fieber. Straſsb. 1786. 8. Spätere Abhandl. desselben in Asiatic Res. Calcutta 1805. T. VIII. p. 513. Biblioth. Brit. T. XXXIX. p. 330.

3 De statica medicina aphorismorum sect. septem. Patav. 1710.

4 OLBERS in Zeitschrift für Astronomie. Th. V. S. 234.

auf den Einfluſs des Mondes unmöglich blieb. So leitet Dr. Allen[1] die Periodicität verschiedener Krankheiten vom Kreislaufe der Himmelskörper, hauptsächlich des Mondes ab und will auch den Einfluſs des letzteren auf die Perioden des Wahnsinns beobachtet haben, N. Mill[2] vertheidigt die Einwirkung des Mondes auf Animalien und Vegetabilien über alle Grenzen der Wahrscheinlichkeit hinaus, und so giebt es noch andere, jedoch ganz unerwiesene Behauptungen.

121) Als die Physik sich allmälig besser gestaltete und man mit gröſserer Strenge den Zusammenhang zwischen Ursache und Wirkung aufzusuchen anfing, wurden bedeutende Zweifel gegen den Einfluſs des Mondes, hauptsächlich auf den Organismus der Animalien und Vegetabilien, zugleich aber auch auf den Gang der Witterung im Allgemeinen und auf die einzelnen meteorischen Erscheinungen erhoben. Unmöglich konnte man Ausflüsse des Trabanten auf die Erde annehmen, da er im Mittel 60 Erdhalbmesser von unserm Planeten entfernt ist, die Höhe der Erd-Atmosphäre aber keine 7 Erdhalbmesser erreichen kann und, wenn sie von vorstellbarer Dichtigkeit seyn soll, keine zehn Meilen erreicht. Die Nichtigkeit einer solchen Hypothese wurde anschaulicher durch eine vermeintliche Entdeckung, welche Stöwe[3] gemacht haben wollte, daſs nämlich merkwürdige Witterungsphänomene dann eintreffen sollten, wenn drei Himmelskörper fast in eine gerade Linie zu stehn kämen, welche Stellung er eine Constellation nannte. Den Grund zu dieser Hypothese fand er in Erfahrungen aus den Jahren 1780 bis 1786, allein es ergab sich bald die Nichtigkeit der ganzen Voraussetzung. Lichtenberg[4] kam auf die sinnreiche Idee, Beobachtungen über diejenigen Fälle anzustellen, wenn die Erde in ihrer Bahn an solche Stellen kommt, welche der Mond vorher inne gehabt hat. Dieses geschieht im letzten Viertel des Mondes und sehr vollständig, wenn er zugleich nahe bei seinem Knoten ist, nach etwa viertehalb Stunden. Wirklich fand für diese Stellung am 6. Dec.

1 Cases of Insanity.

2 Ann. of Philos. T. LVII. p. 218.

3 Anzeige einer allgemeinen interessanten physikalischen Entdeckung. Berlin 1791. 8.

4 Götting. Taschenbuch zum Nutzen u. Vergnügen. 1795. S. 198.

1792 zu Göttingen ein heftiger Sturm statt und am 1. Juni 1793 eine ungewöhnliche Kälte; aber das drittemal am 25. Nov. 1793 ereignete sich gar nichts Aufsergewöhnliches. Wirksame Ausflüsse des Mondes auf unsere Erde anzunehmen kann sich hiernach also nur eine ungeregelte Phantasie erlauben, die man von physikalischen Untersuchungen fern halten mufs, und der angenommene Einflufs des Mondes auf die Animalien und Vegetabilien kommt demnach auf eine *qualitas occulta* zurück, die wir um so mehr vermeiden müssen, je deutlicher die Geschichte lehrt, dafs die Annahme solcher verborgenen Kräfte nie anders als nachtheilig auf die Erforschung der Wahrheit wirkt. Diesemnach kann der Mond keinen andern Einflufs auf unsere Erde ausüben, als in Folge seiner Gravitation und seiner Erleuchtung. Die durch die erstere Ursache erzeugten Wirkungen zeigen sich allerdings in der Ebbe und Fluth, allein alle anderen, hieraus abzuleitenden müfsten jeden Tag ebenso regelmäfsig erfolgen, als diese durch Theorie und Erfahrung hinlänglich festgestellten Oscillationen des Meeres, die Mondphasen können daher auch hierbei keinen weiteren Einflufs haben, als welcher auch dort durch die Zusammenwirkung mit der Sonne oder durch die Gegenwirkung der letzteren bedingt wird. Um sich hiervon zu überzeugen, darf man nur berücksichtigen, dafs der Mond jederzeit binnen 24 Stunden einmal durch den Meridian jedes Ortes geht und keine rein physikalische Wirkung davon abhängen kann, ob wir ihn mehr oder weniger erleuchtet sehn. Es bliebe sonach nur die zweite möglicherweise denkbare Ursache, nämlich die Erleuchtung übrig, allein diese, blofs durch erborgtes Licht bewirkt, ist so unbedeutend, dafs die feinsten thermometrischen Apparate sie gar nicht oder nur höchst unsicher angeben; sie würde also nur einen verschwindend kleinen Beitrag zu dem geben, was durch die Sonne geschieht, und so bestimmt dem Vollmonde zufallen, dafs sie sich hierbei allein zeigen müfste, wenn es überhaupt möglich wäre sie wahrzunehmen. Diesemnach erklärten sich namentlich Bode[1] und Olbers[2] aus theoretischen Gründen gegen jeden Einflufs des

1 Gedanken über den Witterungslauf. Berlin 1819. 8. Magaz. d. Ges. Naturf. Freunde. Berl. 1808. S. 175.

2 Zeitschrift für Astronomie. Th. V. S. 234.

Mondes, zeigten die geringe Begründung der hierüber aufgestellten Behauptungen und insbesondere die Autorität des Letzteren als Astronom und Arzt vermochte die meisten Physiker, dieser Ansicht beizutreten.

122) Ebensowenig günstig für den vermeintlichen Einflufs des Mondes fielen die Resultate der Erfahrung aus. Gegen die Behauptung von Balfour über die Erzeugung oder Verschlimmerung der Krankheiten durch das Mondlicht erklärte sich Raschig[1] und gegen Reil's und anderer Meinungen Olbers, beide indem sie zeigten, dafs die darüber vorhandenen Erzählungen keineswegs genugsam begründet seyen, wozu Letzterer noch hinzufügte, dafs er selbst in seiner ärztlichen Praxis nie irgend einen Einflufs des Mondes auf Wurmübel, Balggeschwülste, Wassersuchten, Epilepsie und Nervenzufälle wahrgenommen habe, eine Versicherung, die bei einem ebenso gelehrten als besonnenen astronomischen Arzte, dem die genaue Stellung dieses Trabanten gegen die Erde stets deutlich vorschwebt, nicht den geringsten Zweifel gestattet. Auch H. C. Monrad[2] widerspricht dem an der Küste von Guinea herrschenden Vorurtheile von einem schädlichen Einflusse des Mondes auf die Gesundheit, welcher übrigens dort so hell scheint, dafs man bequem dabei lesen kann. Er selbst und andere schliefen oft beim Mondscheine im Freien, ohne die geringste Einwirkung auf die Gesundheit davon zu empfinden. Gronau[3] versuchte es, aus hundertjährigen Beobachtungen von 1701 bis 1800 einen constanten Einflufs des Mondes auf den Gang der Witterung aufzufinden, und erhielt als Resultat, dafs der Mondwechsel 1743 Veränderungen gegen 3189 Nichtveränderungen, der Neumond 461 gegen 674, das erste Viertel 409 gegen 921, der Vollmond 475 gegen 756, das letzte Viertel 398 gegen 838, das Perigäum 389 gegen 477 gaben, wonach also keine Einwirkung statt finden könnte. Ebendieses Resultat fand Horsley[4], übereinstimmend mit seinen theoretischen Ansichten, aus einer Zusammenstellung zahlreicher Erfahrungen. Olbers wählte zur Prü-

1 Diss. de lunae imperio in corp. hum. nullo. Viteb. 1787. 4.
2 Gemälde der Küste von Guinea. Weim. 1824. S. 273.
3 Magazin der Naturforsch. Freunde. Berl. Th. II. S. 101.
4 Philos. Trans. T. LV. p. 177.

fung der Sache gerade diejenigen Stellungen des Mondes, worin sein Einflufs am stärksten seyn müfste, konnte jedoch keine Wirkung desselben wahrnehmen, und ein gleiches Resultat erhielt ein Ungenannter[1] aus fast dreifsigjährigen Beobachtungen. Auf gleiche Weise zeigt BRANDES[2], dafs die Wetterveränderungen des Jahres 1783 mit den Mondständen in keinerlei Verbindung stehn, und ebendieses äufsert VARESE[3] in Gemäfsheit vieljähriger Beobachtungen, glaubt jedoch, dafs die hierüber bestehenden Vorurtheile niemals ganz verschwinden werden. Letzteres mag von dem grofsen, der Sache nicht eigentlich kundigen Publicum gelten, übrigens aber geht aus der gegebenen Darstellung hervor, dafs die aus den ältesten Zeiten herstammenden astrologischen Irrthümer über kosmische und planetarische Einflüsse auf den Gang der Witterung und über die Abhängigkeit atmosphärischer Processe von der wechselnden Sichtbarkeit der beleuchteten Mondscheibe bei den Sachverständigen allmälig verschwunden waren. Dabei blieb jedoch noch immer die Frage unerledigt, ob die nicht in Abrede zu stellende Anziehung des Mondes keine mefsbaren Schwankungen der Atmosphäre hervorbringe, denen ähnlich, die sich in der Ebbe und Fluth so sichtbar zeigen. Diese so nahe liegende Frage, welche durch die bereits mitgetheilte[4] Erklärung LA PLACE's erledigt schien, hat seitdem die Physiker vielfach beschäftigt und mufs daher nachträglich noch weiter erörtert werden.

123) DAN. BERNOULLI[5] erhielt durch seine Berechnungen das Resultat, dafs die Anziehung der Sonne das Barometer um 20 Lin. heben müsse, welches dann für den Mond im Stande des Zeniths gegen den im Horizonte 50 Lin. geben würde. Dagegen aber zeigte D'ALEMBERT[6], dafs diese Gröfse höchstens 3 Lin. für Mond und Sonne betragen könne,

---

1 Monthly Magazine 1817. Apr. p. 196.

2 Beiträge zur Witterungskunde. Leipz. 1820. S. 274.

3 Brugnatelli Giornale 1820. p. 50. Er sagt, hierauf passe CICERO's Ausdruck in oratione pro Plancio: *Non est consilium in vulgo, non ratio, non discrimen, non diligentia.*

4 S. Art. *Barometer*. Bd. I. S. 927.

5 De causis fluxus et refl. maris. p. 164. in NEWTONI Princ. T. III.

6 Recherches sur la cause générale des Vents. Par. 1747. p. 98.

P. Frisius[1] aber setzte sie zuerst auf $\frac{1}{120}$ Lin. und nachher auf $\frac{1}{108}$ Lin. für die Sonne und $\frac{1}{48}$ Lin. für den Mond herab, nach Fontana[2] aber beträgt die Einwirkung des Mondes allein $\frac{1}{34}$ Lin. Durch La Place's gründliche Untersuchung dieser Aufgabe ist dieselbe wohl als abgethan zu betrachten. Nach der Theorie[3] beträgt die durch den Mond bewirkte, am Barometer sichtbare Fluth der Atmosphäre nicht mehr als 0,6306 Millim. (0,2597 par. Lin.) und nach achtjährigen Beobachtungen auf der Pariser Sternwarte[4] 0,05443 Millim. (0,024129 par. Lin.).

124) Seit langer Zeit suchte man den in so vielen bedingenden Ursachen versteckten Einflufs des Mondes auf die barometrischen Oscillationen durch Verbindung vieljähriger Beobachtungen aufzufinden. Aufser dem, was hierüber bereits erwähnt worden ist[5], verdient hauptsächlich noch Lambert[6] genannt zu werden, welcher jedoch aus eilfjährigen Beobachtungen zu Nürnberg nicht entscheiden konnte, ob das Barometer im Apogeum oder im Perigeum des Mondes höher stehe, Toaldo[7] dagegen will gefunden haben, dafs der Mond durch seinen Eintritt in das Apogeum ein Steigen des Barometers hervorbringe, und ebenso in den Quadraturen, wenn man seinen Stand mit demjenigen während der Syzygien vergleicht. Hieraus würde also folgen, dafs allgemein der Mond durch seine Anziehung der Atmosphäre ein Sinken des Quecksilbers im Barometer bewirke, welches sich durch seine Entfernung von der Erde in den Apogeen und durch Entgegenwirkung der Sonne in den Quadraturen verminderte. Ein ganz entgegengesetztes Resultat will jedoch Mayer[8] aus seinen Beobachtungen zu Mühlhausen im Elsafs erhalten haben, nämlich dafs die Barometerhöhe in den Syzygien 0,1 Lin. höher sey,

1 De gravitate universali. Med. 1768. T. II. Cap. VIII. Cosmographiae phys. et math. P. I. et II. Med. 1774 u. 1775.

2 Atti dell' Accad. di Siena. T. V. Vergl. Toaldo in Nouv. Mém. de Berlin 1778.

3 Mécan. cél. T. III. p. 296

4 Connaissance des Tems 1826. p. 310.

5 S. Art. *Barometer*. Bd. I. S. 929.

6 Acta Helvetica. T. IV.

7 Mém. de Berlin. 1778. p. 45.

8 Cotte Mém. sur la Météorol. T. I. p. 631. T. II. p. 469.

als in den Quadraturen, dagegen sollen allerdings die Apogeen ein Steigen von 0,39 Lin. bedingen. Die gelehrten Untersuchungen LAPLACE's [1], worin er zeigte, auf welche Weise eine durch den Einfluss des Mondes bewirkte atmosphärische Ebbe und Fluth aufzufinden sey, veranlassten BOUVARD [2], die Pariser Beobachtungen von den Jahren 1815 bis 1826, deren Zahl 8940 beträgt, rücksichtlich des Standes des Mondes in den Syzygien und Apogeen zu berechnen, allein er erhielt hieraus im Ganzen das Resultat, dass der Mond auf den Stand des Barometers zu Paris keinen messbaren Einfluss erzeuge, welcher dort auf 2 Uhr 8 Min. Nachmittags fallen müsste. Dieses stimmt überein mit dem Ergebnisse, welches HALLASCHKA's [3] zehnjährige Beobachtungen zu Prag gaben. Diese scheinen nämlich keinen Einfluss des Mondes auf das Barometer anzudeuten, da sie auf keinen natürlichen Zusammenhang zwischen dieser Ursache und Wirkung führen und kein fortlaufendes Gesetz zeigen; ausserdem aber sind die Unterschiede so gering, dass ein einziger zufällig höherer Stand eine vielleicht nur 0,1 Lin. betragende Grösse leicht wieder aufheben könnte. Letzteres würde jedoch nur zu der Folgerung führen, dass noch mehrjährige Beobachtungen in Rechnung zu nehmen wären, um die zufälligen Schwankungen dadurch verschwinden zu machen. Dagegen will SIBER [4] aus zehnjährigen Beobachtungen HÄBERL's gefunden haben, dass das Barometer sowohl in den Perigeen als auch den Apogeen oder am Tage vor und nach dem Eintritte des Mondes in dieselben steigt, indem dieses in 233 Fällen gegen 30 statt fand. Ein sehr auffallendes Resultat aber ist, dass zu London nach den Barometerbeobachtungen von 1827 bis 1830 die Quecksilberhöhe dort am grössten in den Quadraturen und am kleinsten in den Syzygien war, statt dass BOUVARD für Paris gerade das Gegentheil gefunden hatte [5].

---

1 Connaissance des Tems. 1826 u. 1830. Méc. cél. T. V. p. 237. Vergl. KÄMTZ in Schweigg. Journ. LIX. 1.

2 Mém. de l'Acad. des Sc. de l'Inst. T. VII. p. 136. und 267. Vergl. Poggendorff Ann. XIII. 137.

3 Sammlung der vom 8. Mai 1817 bis 21. Dec. 1827 u. s. w. angestellten Beobachtungen. Prag 1830. 4.

4 Kastner Archiv. Th. V. S. 48.

5 Philosoph. Trans. 1831. p. 227. Vergl. BOUVARD in Mém. de l'Acad. T. VII. p. 312.

125) Das Problem erhielt unmittelbar nach LAPLACE's Bearbeitung eine ganz andere Gestalt durch die aus der Erfahrung entnommenen Resultate. FLAUGERGUES[1] ist als derjenige Gelehrte zu nennen, dem die Wissenschaft die endliche Beantwortung dieser so lange ventilirten Streitfrage verdankt. Um den Einflufs der Sonne zu beseitigen, benutzte er die im wahren Mittage gemachten Beobachtungen, corrigirte dieselben gehörig und erhielt aus ihnen folgende der Kürze wegen hier blofs tabellarisch zusammengestellte Resultate.

Mondpuncte	Zahl d. Beob.	Mittlere Bar. Höhe Z.	L.	Millimeter
Allgemeiner mittlerer Barometerstand	6915	27	11,29	755,44
Neumond	234		11,27	755,39
Erster Octant	234		11,26	755,37
Erste Quadratur	234		11,26	755,37
Zweiter Octant	235		10,94	754,65
Vollmond	234		11,20	755,23
Dritter Octant	234		11,47	755,70
Zweite Quadratur	234		11,68	756,32
Vierter Octant	235		11,31	755,48
Nördliches Lunistitium	258		11,42	755,73
Südliches Lunistitium	258		11,28	755,42
Perigeum (Aequat. Parall. 60′ 24″)	252		10,97	754,72
Apogeum (Aequat. Parall. 54′ 4″)	252		11,46	755,82

Aus der Vergleichung des mittleren Standes mit dem im 2ten Octanten und in der zweiten Quadratur folgt, dafs das Barometer bis zum zweiten Octanten um 0,35 Lin. fällt und dann bis zur zweiten Quadratur um 0,39 Lin. steigt. Da man ferner den synodischen Umlauf des Mondes mit seinem täglichen in Parallele setzen kann, letzterer aber 24 Stunden 50 Min. dauert, so folgt, dafs die gröfste Höhe des Barometers 6 Stunden 12,5 Min. nach dem Durchgange des Mondes durch den Meridian eintritt. Der Unterschied zwischen dem Stande im Apogeum und im Perigeum beträgt 0,49 Lin., und wenn man diese Gröfse mit dem Verhältnifs der Kuben der Abstände multiplicirt, so ist die Verminderung = 1,73 Lin. im Perigeum und 1,24 Lin. im Apogeum, so dafs ohne Mond der mittlere Stand 28 Z. 0,78 Lin. seyn würde. FLAUGERGUES verglich

1 Biblioth. univ. T. XXXVI. p. 384. T. XL. p. 265.

ferner die zu den verschiedenen Mondstellungen und Mondphasen gehörigen Regentage in seinen zu Viviers geführten Registern und fand die Zahl derselben

Neumond;	1. Viert.;	Vollmond;	4. Viert.;	Perig.;	Apog.
77	82	79	60	93	78

Hieraus folgt im Allgemeinen ein Einfluſs des Mondes auf die Witterung, insofern die Menge der Regentage zunimmt, wenn das Barometer sinkt. Der Mond wirkt also gleichmäſsig auf das Barometer, bewirkt ein unter den übrigen Schwankungen sich kenntlich machendes Sinken desselben und zugleich eine letzteres in der Regel begleitende Vermehrung der wässerigen Niederschläge.

126) Dieses Resultat war allerdings ein anderes, als was der gemeine Glaube bis dahin angenommen hatte, nämlich daſs die Aenderungen der Mondphasen zugleich einen Wechsel der Witterung herbeiführen sollen, allein es muſste dennoch auffallend erscheinen, weil sich so eben die bedeutendsten Autoritäten gegen jeden Einfluſs des Mondes auf Barometer und Witterung erklärt hatten und selbst die geringe, durch Laplace herausgebrachte Einwirkung auf die barometrischen Oscillationen in den Pariser Beobachtungen nicht aufzufinden war. Unter allen ergriff vorzugsweise Schübler[1] die Sache mit groſser Lebendigkeit, ging aber eben deswegen weit über diejenigen Grenzen hinaus, in denen sich Flaugergues mit vorsichtiger Besonnenheit gehalten hatte. Als Grundlage wählte er 28jährige Beobachtungen, nämlich achtjährige von 1781 bis 1788 zu München aus den Mannheimer Ephemeriden, dann von 1809 bis 1812 theils eigene, theils von seinem Bruder zu Stuttgart angestellte und von 1813 bis 1828 die des Domcapitulars Stark zu Augsburg. Hieraus folgerte er, daſs die Zahl der Regentage vom letzten Viertel bis Neumond sich zu der vom ersten Viertel bis Vollmond nahe wie 5 zu 6 verhalte und ebenso die Regenmenge, daſs ferner die Windrichtung vom Neumond bis zum letzten Viertel mehr westlich werde und eine gröſsere Neigung zu Niederschlägen zur Zeit der Erdnähe als der Erdferne statt finde, die geringste Regenmenge aber dem nördlichen, die gröſste dagegen dem

1 Untersuchungen über den Einfluſs des Monds auf die Veränderungen unserer Atmosphäre. Leip. 1830.

südlichen Lunistitium zugehöre, im Ganzen also ein merklicher Einfluſs des Mondes auf die Hydrometeore unverkennbar sey. Um die von Hasow, Toaldo, Hoesslin und Andern angenommene 19jährige Witterungsperiode zu prüfen, untersuchte Schübler[1] die Angaben über die Wiederkehr guter Weinjahre und fand hierdurch die regelmäſsige Reihenfolge dieser Periode bestätigt. Diese für einen auffallenden Einfluſs des Monds auf den Gang der Witterung sprechenden Resultate verglich er mit denen, welche früher Toaldo[2] für Padua und Pilgram[3] für Wien gefunden haben wollten, und fand zwischen allen diesen eine genaue Uebereinstimmung, ja sogar auch die heiſsen und kalten Sommer und Winter nebst der Häufigkeit der Nordlichter sollten dem Einflusse des Mondes unterworfen seyn, am auffallendsten aber war es, daſs die unlängst als Vorurtheile betrachteten Behauptungen über den Einfluſs des Mondlichtes auf die Vegetabilien und Animalien von ihm als begründet dargestellt wurden, wofür allerdings einzelne Angaben aus Zeitschriften und aus Balfour's[4] schwach begründeten Zeugnissen entnommen werden konnten. Zur Erklärung von allem diesen diente die Annahme eines chemischen Einflusses und der erkältenden Eigenschaft des Mondlichts, wobei für letzteres Sertürner's[5] vermeintliche Beobachtungen benutzt wurden.

Hauptsächlich wegen der zuletzt genannten allgemeinen physiologischen Einwirkungen des Mondes, die nach den gründlichen Untersuchungen von Bode und hauptsächlich Olbers unmöglich als zulässig erscheinen können, trug ich kein Bedenken[6], gegen das Ganze erhebliche Zweifel aufzustellen. Die

1 Die Thatsachen hierzu entnahm er aus: Geschichte des Neckarweins und Weinbau's von 1200 bis 1778. Stuttg. 1778. und die späteren Nachrichten in der Stuttgarter Chronik von Elben.

2 De la influenza degli astri. 1781. p. 122.

3 Untersuchungen über das Wahrscheinliche in der Weltkunde. 1788. 8. Th. II. S. 431.

4 System über die Intestinalfieber und den Sonnen- und Mondeinfluſs auf dieselben. Breslau 1792.

5 Neueste Entdeckungen in der Physik, Chemie und Heilkunde. 1826. Th. I. Hft. II.

6 Handbuch der Naturlehre. Th. II. Heidelb. 1830. S. 420. Heidelb. Jahrb. 1831. Hft. V. S. 498.

durch FLAUGERGUES erhaltenen Resultate sind zwar allerdings von grofsem Gewichte, allein es mufste auffallen, dafs weder GRONAU noch BOUVARD bei ihren Untersuchungen ihnen gleiche erhalten hatten, und zudem liefs sich zwar eine Depression des Quecksilbers im Barometer durch den Einflufs des Mondes vermuthen, dafs aber eine Vermehrung der Regenmenge hiermit verbunden seyn sollte, konnte keineswegs auf gleiche Weise glaubhaft erscheinen, um so mehr als die von jenem Gelehrten zur Erklärung angenommene Ursache gerade auf die entgegengesetzte Wirkung führen mufste. Durch die anziehende Kraft des Mondes sollte nämlich eine Verdünnung der Luft und hierdurch gleichzeitig ein Sinken des Barometers mit der bekannten Folge desselben, einer Vermehrung der wässerigen Niederschläge, bewirkt werden; allein Letzteres ist nicht Folge des Ersteren, sondern umgekehrt sinkt das Barometer in Folge der Niederschläge, eine Verdünnung der Luft an sich aber erleichtert bekanntlich die Verdampfung und mufs sonach die Niederschläge vermindern. In Folge dieser entgegengesetzten Meinungen, die zwischen dem trefflichen Gelehrten und mir nicht blofs öffentlich, sondern auch im freundschaftlichen Briefwechsel verhandelt wurden, worüber jedoch jetzt nach ausgemachter Sache in weitere Erörterungen einzugehn unnöthigen Zeitaufwand erfordern würde, gab SCHÜBLER alle übrigen Folgerungen, namentlich von einer physiologischen Einwirkung des Monds, auf, blieb aber standhaft bei der Behauptung einer unverkennbaren Einwirkung desselben auf das Barometer und die Regenverhältnisse[1].

127) Die durch SCHÜBLER zuerst gefundenen Resultate, selbst wenn man sich blofs auf die Einwirkung des Mondes auf Barometer und Regenverhältnisse beschränkte, liefsen immer noch einigen Zweifel zurück, weil die ihnen zum Grunde liegenden Beobachtungen von drei Beobachtern an ebensovielen Orten und mit verschiedenen Instrumenten angestellt worden

1 Schübler hat diese Ansicht in verschiedenen eigenen Abhandlungen und in einigen seiner Schüler vertheidigt, z. B. in Kastner's Archiv. Th. IV. S. 13. u. 161. Th. V. S. 169. F. BAUMANN Untersuchungen über monatliche Perioden in d. Veränderungen unserer Atmosphäre. Tüb. 1832. 8. Kastner Arch. Th. VI. S. 225. Schweigg. Journ. Th. LXX.

waren, allein sie galten dennoch allgemein als genügend, insbesondere nachdem Arago[1] sie hierfür erklärt hatte. Inzwischen zeigte O. Eisenlohr[2], aus dessen Zusammenstellung der Carlsruher Beobachtungen[3] von 1779 bis 1786 und dann von 1798 bis 1830 sich ein so auffallender Einfluſs namentlich auf die Regenmengen, die sich nach Schübler für die Zeit vor dem Neumonde und die vor dem Vollmonde wie 5 zu 6 verhalten sollten, keineswegs auf den ersten Blick herausstellte, in denen jedoch Baumann[4] mindestens einen leicht meſsbaren gefunden haben wollte, daſs man durch fortgesetztes Combiniren und Aufsuchen von Mittelwerthen endlich zu jedem möglichen Resultate gelangen könne. Eine abermalige schärfere Zusammenstellung der Carlsruher Beobachtungen führte jedoch allerdings zu dem Resultate, daſs die mittlere Barometerhöhe vom Neumonde zum Vollmonde hin abnimmt und von da an bis zum Neumonde wieder steigt; auch fand sich eine Zunahme der Regenmengen in der ersten dieser Perioden zwar angedeutet, aber keineswegs so auffallend, daſs mit Ausschluſs eines bloſsen Zufalls dadurch eine feste Regel begründet würde, da die Jahreszeiten einen Unterschied zeigten und auſser dem einen Maximum noch ein zweites zur Zeit des Neumonds hervortrat. Obgleich hierdurch im Ganzen die durch Flaugergues und Schübler gefundenen Resultate bestätigt wurden, so blieb es doch um so mehr wünschenswerth, dieses viel ventilirte Problem noch weiter mit gröſster Umsicht zu untersuchen, als der Grund dieser Erscheinung noch keineswegs genügend aufgefunden worden war. Die Unstatthaftigkeit eines von Schübler angenommenen chemischen Einflusses des Mondes oder der erkältenden Eigenschaft seines Lichtes muſste auf den ersten Blick auffallen, Eisenlohr setzte zwar ein bedeutendes Moment hinzu, indem er nachwies, daſs die Periode des tieferen Barometerstandes und der gröſseren Regenmenge zugleich die der regenbringenden südlichen und westlichen Winde sey, allein dadurch war der Zusammenhang zwischen den Mondphasen

1 Annuaire prés. au Roi par le Bureau des Long. An. 1833.

2 Poggendorff Ann. XXX. 72.

3 Untersuchungen über das Klima und die Witterungsverhältnisse von Karlsruhe. 1832. 4.

4 A. a. O. Seine Inaugural-Dissertation war unter Schübler's Anleitung geschrieben.

und den Luftströmungen, welche vorzugsweise Regen bringen, noch nicht einmal angedeutet. Endlich aber ergaben 14 Jahre anhaltend fortgesetzte Beobachtungen eines Epileptischen, daſs der Mondwechsel auf die Epilepsie auch nicht den entferntesten Einfluſs äuſsere, und es ist sonach sehr zu wünschen, daſs das Vorurtheil einer physiologischen Einwirkung des Mondes auf die belebte Natur, mindestens bei den Gebildeten, endlich ganz aufhöre, wenn man auch gegen den beliebten Glauben der gröſseren Menge schonend seyn will.

128) Bei dieser Lage der Sachen schien es mir sehr wünschenswerth, die Frage noch einmal einer gründlichen Prüfung zu unterwerfen. Hierzu bot sich eine günstige Gelegenheit dar, als Herrenschneider zu Straſsburg, dessen vieljährige, an dem nämlichen Orte und mit denselben geprüften Instrumenten angestellte Beobachtungen vorzügliches Vertrauen verdienen, sich auf meine Bitte bereitwillig zeigte, seine werthvollen Originalregister mir zu diesem Behuf anzuvertrauen, und als O. Eisenlohr, welcher durch frühere Arbeiten in diesem Fache seine Befähigung zu solchen, groſse Sorgfalt erfordernden und ermüdenden Untersuchungen hinlänglich dargethan hat, die Berechnung der Beobachtungen übernahm. Hieraus ging dann die Abhandlung hervor, durch welche die Sache als entschieden anzusehn ist[1]. Auſser den über die Witterungsverhältnisse zu Straſsburg gefundenen Resultaten ergiebt sich in Beziehung auf den Einfluſs des Mondes aus diesen, beinahe 27 Jahre umfassenden Beobachtungen, daſs während des synodischen Umlaufs des Mondes das Barometer zwei Maxima und zwei Minima zeigt, die an sich ungleich in den verschiedenen Jahreszeiten auf andere Mondphasen fallen. Die folgende Tabelle giebt eine Uebersicht dieser Gröſsen und die letzte Reihe zugleich den ganzjährigen Gang für Carlsruhe.

Jahrsz.	1 Max.	1 Minim.	Untersch.	2 Max.	2 Min.	Untersch.
Winter	Letzt. Viert.	Vollm.	0''',5310	1 Viert.	4 Octant	0''',2163
Frühling	Letzt. Viert.	2 Octant	0,5736	Neum.	4 Octant	0,2464
Sommer	3 Octant	1 Octant	0,2566	1 Viert.	4 Octant	0,0703
Herbst	3 Octant	2 Octant	0,9304	Neum.	4 Octant	0,2272
Jahr	Letzt. Viert.	2 Octant	0,4698	Neum.	4 Octant	0,1301
Carlsruhe	Letzt. Viert.	2 Octant	0,9430	1 Oct.	Neum.	0,0700

1 Poggendorff Ann. XXXV. 141. 309.

Hierin ist unverkennbar, daſs das Barometer im Ganzen gegen die Zeit des Vollmondes regelmäſsig sinkt und gegen die Zeit des Neumondes steigt, daſs aber zugleich um die Zeit des Neumondes oder bald nach dieser Mondphase ein zweites geringeres Steigen sichtbar wird, dem ein geringes Sinken vorausgegangen ist. Die geringe Gröſse dieses zweiten Unterschiedes zu Carlsruhe in so geringer Entfernung von Straſsburg führt zu der Vermuthung, daſs diese letztere Schwankung an manchen Orten wohl gar nicht vorhanden und daher minder constant als die erstere seyn könnte. Ein weiterer Einfluſs der Lunistitien zeigte sich nicht, und es ist nach den hierüber vorhandenen, einander widersprechenden Angaben wohl zu vermuthen, daſs die übrigen Verhältnisse der Mondstände gegen die Erde von keinem bedeutenden Einflusse sind.

129) Ueber die veränderliche Quantität der Hydrometeore theile ich bloſs die aufgefundenen Verhältniſszahlen[1] in folgender Tabelle mit.

Mondphase	Winter	Frühling	Sommer	Herbst	Jahr
Neumond	3,7049	3,9000	5,7930	5,5229	4,74436
1 Octant	3,7591	5,2796	7,0660	5,1473	5,31920
1 Viertel	3,1761	5,0224	6,0674	5,3856	4,85570
2 Octant	3,2208	4,0983	6,4326	5,4672	4,80663
Vollmond	3,4093	4,7642	8,1200	5,5456	5,43032
3 Octant	3,3768	4,3530	5,9793	5,0959	4 68793
Letzt. Viert.	3,3224	5,6315	6,6270	4,9610	5,15966
4 Octant	3,0909	4,2033	5,6196	4,1936	4,27365
Mittel	3,3785	4,6560	6,4702	5,1859	4,91528

Hieraus ergiebt sich ein allen Jahreszeiten zugehöriges Maximum der Regenmengen um die Zeit des Vollmonds und ein Minimum um die Zeit des vierten Octanten, beide diesen Mondphasen entweder etwas vorausgehend oder ihnen nachfolgend. Bloſs im Frühling findet hiervon eine Ausnahme statt, indem dann das Maximum in das letzte Viertel, das Minimum aber auf den zweiten Octanten fällt, im Ganzen aber

1 Eisenlohr nennt diese Gröſse die Dichtigkeit des Regens, welche $= \frac{a}{b}$ ist, wenn b die Menge des atmosphärischen Wassers bezeichnet, welche in a Tagen herabfiel.

ist jenes erste Maximum mit seinem Minimum und ein zweites, gleich nach dem Neumonde eintreffendes, geringeres Maximum nicht zu verkennen. Beachtung verdient aber der auffallende Unterschied zwischen dem Winter und dem Sommer, die zwar darin übereinstimmen, dafs für beide das Minimum in den vierten Octanten fällt, darin aber sich wesentlich von einander unterscheiden, dafs im ersten das Maximum ebenso entschieden in den Neumond, als in dem letzteren in den Vollmond fällt. Um den Einflufs der Mondphasen auf die gesammten meteorischen Processe anschaulicher zu machen, dient folgende Zusammenstellung.

Mondphasen	Barometer	Nasse Tage	Regenmenge	Dichtigkeit d. Regens.
Neumond	27" 9''',1461	37143	176219	4,74436
1 Octant	9,0179	37510	199525	5,31920
1 Viertel	9,0044	40000	194228	4,85570
2 Octant	8,7532	42678	205136	4,80663
Vollmond	8,9881	37490	203583	5,43032
3 Octant	9,1228	38828	182025	4,68793
Letzt. Viertel	9,2230	37215	192016	5,15966
4 Octant	9,0160	35373	151172	4,27365
Mittel	9,0356	38269	188103	4,91528

Hieraus geht evident hervor, dafs die Mondphasen einen Einflufs auf die Atmosphäre haben, welcher sich am auffallendsten und regelmäfsigsten in den Schwankungen des Barometers zeigt, indem dasselbe, wenn man zugleich die Unterschiede berücksichtigt, seinen tiefsten Stand in der Zeit zwischen dem zweiten Octanten und dem Vollmonde hat, welches Minimum dann von zwei Maximis, einem im Neumonde, einem andern im letzten Viertel, begrenzt ist, und wovon das erste deswegen kleiner scheint, weil ein kleineres, mit dem vierten Octanten beginnendes Minimum darauf einen Einflufs äufsert. Minder regelmäfsig zeigt sich dieses Gesetz bei den Hydrometeoren, vermuthlich weil diese nur secundäre Folgen der wirkenden Ursache sind.

130) Gleichzeitig mit diesen Untersuchungen wurden ähnliche durch Eugen Bouvard[1] angestellt, deren Resultate eine

1 Quetelet Corr. math. et phys. T. VIII. p. 257.

überraschende Uebereinstimmung mit den so eben mitgetheilten zeigen. Die benutzten Beobachtungen sind die auf der Pariser Sternwarte angestellten, und zwar dienten für die barometrischen Schwankungen die von 1810 bis Ende 1832, für die Witterungsverhältnisse die von 1804 bis 1832 vorhandenen. Zuerst ist der synodische Monat berücksichtigt. Da dieser 29,53 Tage zählt, so wird der 30ste Tag doppelt genommen und dieser macht also den letzten und den ersten für die Mondphasen aus. Eine tabellarische Zusammenstellung giebt für die mittleren Barometerhöhen folgende Gröfsen in Millimetern.

Neumond . . .	755,988	Vollmond . . .	755,578
Erst. Octant . .	755,943	Dritter Octant .	756,222
Erst. Viertel . .	755,717	Letztes Viertel	756,401
Zweit. Octant .	755,376	Viert. Octant .	756,169

Mit Flaugergues übereinstimmend fällt das Maximum auf das letzte Viertel, das Minimum auf den zweiten Octanten; nimmt man aber das Mittel aus allen Barometerhöhen zwischen Neumond und Vollmond, und wieder zwischen Vollmond und Neumond, so ist das erstere kleiner, das letztere gröfser um eine Differenz von 0,34 Millimeter. Ferner ist die Summe der Barometerhöhen in den Syzygien geringer als in den Quadraturen, um 0,28 Millimeter, ein Resultat, welches auch Toaldo gefunden hat. Flaugergues erhielt hierfür 0,42 Millimeter, Toaldo 0,46 Millim. und A. Bouvard (der ältere, der Onkel) 0,69 Millimeter, so dafs diese Thatsache als genügend begründet erscheinen mufs.

Für die Hydrometeore sind 359 synodische Monate in Rechnung genommen. Regentag wird jeder genannt, an welchem überhaupt hydrometeorisches Wasser sich im Regenmafse zeigte. Die gröfste Menge fiel im zweiten Octanten, die geringste im letzten Viertel, die Differenz betrug 0,17 Millimeter im Mittel auf einen Tag. Das Maximum der Regentage fiel gleichfalls auf den zweiten Octanten, das Minimum auf das letzte Viertel, der Unterschied betrug 135 Tage; die Regenmenge war in der ersten Hälfte der Lunation gröfser als in der zweiten und ebenso die Zahl der Regentage. Auch das Maximum der Südostwinde, die zu Paris Regen bringen, fällt

auf den zweiten Octanten, das Minimum auf das letzte Viertel; umgekehrt das Minimum der troeknen Nordostwinde auf den zweiten, das Maximum zwischen das letzte Viertel und den vierten Octanten.

Wird der anomalistische Mondlauf untersucht, so ist im Perigeum das Barometer am tiefsten, die Zahl der Regentage und die Regenmenge dagegen am gröfsten. Im Apogeum dagegen erreicht das Quecksilber im Barometer die gröfste Höhe, die Regenmenge kommt auf das Minimum, so wie die Zahl der Regentage. Vom Perigeum zum Apogeum steigt das Barometer und die Regenmenge nimmt ab, vom Apogeum zum Perigeum sinkt das Barometer und die Regentage wie die Regenmengen nehmen zu, beides ganz regelmäfsig. Dieses stimmt mit Pilgram's und Schübler's Behauptungen genau überein, und Bouvard glaubt daher, man müsse dem Monde bei seinem anomalistischen Laufe nothwendig einen Einflufs auf die Atmosphäre beilegen, welcher zwar geringer sey, als der des synodischen Umlaufs, aber doch so sicher angezeigt, dafs er unmöglich geleugnet werden könne. Uebrigens sind im Ganzen diese Wirkungen nur klein in Vergleichung mit denen, die durch andere Ursachen erzeugt werden, und hierin liegt der Grund, warum sie so lange verborgen blieben.

131) Bei dieser unverkennbaren Uebereinstimmung der von verschiedenen Seiten her unabhängig von einander erhaltenen Resultate kann der Einflufs des Mondes auf unsere Atmosphäre nicht weiter geleugnet werden und die Gelehrten Flaugergues, Schübler, Eisenlohr und die beiden Bouvard verdienen den Dank der Physiker und des Publicums überhaupt, dafs sie sich so mühsamen und langweiligen Berechnungen unterzogen, um diese übereinstimmend von ihnen aufgefundene Wahrheit aus ihrem Dunkel hervorzuziehn [1]. Dabei ist es aber aus leicht begreiflichen Gründen eine sehr schwierige Aufgabe, den Zusammenhang dieser Erscheinungen mit den Naturgesetzen im Allgemeinen aufzufinden, denn da die theoretischen Untersuchungen zu dem Resultate führten,

1 Auch nach Al. v. Humboldt, s. Reise durch die Aequinoctialgegenden. D. Ueb. Stuttg. 1826. Th. V. S. 700., ist zu Sta. Fé de Bogota die mittlere Barometerhöhe im letzten Viertel am gröfsten und im ersten Viertel oder Vollmond am kleinsten.

daſs entweder gar kein Einfluſs des Mondes auf die Atmosphäre, oder nur ein geringer, täglich wiederkehrender statt finden könne, so geht schon hieraus unverkennbar hervor, daſs ein periodisch mit dem Umlaufe des Mondes wiederkehrender leichter auf einen Widerspruch als auf eine Uebereinstimmung mit den bestehenden Naturgesetzen führen müsse. Die Hypothese von Flaugergues, daſs der Mond in seinen verschiedenen Stellungen die Atmosphäre ungleich anziehe, sie dadurch leichter mache, ihren Druck auf die Quecksilbersäule im Barometer vermindere und dadurch in Folge der entstandenen Luftverdünnung die Regenmenge vermehre, unterliegt in ihrem ersten Theile dem bereits angeführten Argumente, daſs beim täglichen Umlaufe des Mondes die Oscillationen auf gleiche Weise täglich erfolgen müſsten, als dieses bei der Fluth des Wasser-Oceans der Fall ist, rücksichtlich des zweiten Theils aber ist sie oben bereits widerlegt worden, indem eine Verdünnung der Luft die Verdampfung vielmehr befördern, als Niederschläge erzeugen müſste. Schübler's chemischer Einfluſs sagt in dieser Unbestimmtheit eigentlich gar nichts, steht aber mit dem anerkannten Naturgesetze im Widerspruche, wonach keine chemische Wirkung ohne das Zusammentreten gewisser Stoffe statt finden kann, die sich im vorliegenden Falle gar nicht annehmen lassen; die vermeintliche erkältende Eigenschaft des Mondlichts ist aber ganz unzulässig; denn da das Sonnenlicht ohne Ausnahme erwärmend wirkt, das Mondlicht aber nichts anderes als reflectirtes Sonnenlicht ist, so würde durch diese Hypothese alle Consequenz in der Physik aufgehoben und letztere träte aus dem Gebiete einer exacten Wissenschaft in das einer Anhäufung unzusammenhängender oder widersprechender Erfahrungssätze. Eisenlohr sucht den Grund in einer Anziehung durch den Mond und in dadurch bewirkten Luftströmungen; allein damit ist das eigentliche Verhalten nicht angegeben und das Hauptargument, daſs diese Attractionen täglich wiederkehren müſsten, nicht beseitigt.

132) Man sieht hieraus, daſs bis jetzt eine eigentliche Erklärung des räthselhaften Phänomens noch gar nicht einmal ernstlich versucht worden ist, und ich gestehe gern, daſs ich dasselbe lange für durchaus unerklärbar gehalten habe, bis mir folgende Hypothese einleuchtete, von welcher ich hoffe, daſs sie allgemein befriedigen werde. Es ist oben §. 42. von der wellen-

förmigen Erhebung geredet worden, welche in Folge der Erwärmung durch die Sonnenstrahlen und bedingt durch die Trägheit im Luftoceane erzeugt wird und zweimal binnen 24 Stunden als Wellenberg und Wellenthal um die Erde läuft, durch welche dann die tägliche periodische Oscillation des Quecksilbers im Barometer entsteht. Diese Hypothese als richtig vorausgesetzt folgt dann, dafs die Verstärkung dieser Erhebung durch die Anziehung der Sonne sich als unmerkliche Gröfse in der ungleich stärkeren Wirkung durch die Wärme verliert, keineswegs ist dieses aber vollständig der Fall mit der durch die Anziehung des Mondes, obgleich auch diese so gering ist, dafs sie erst lange nach der Untersuchung dieses Problems durch Laplace aufgefunden wurde. Denken wir uns nun, dafs der hiernach täglich zweimal statt findende Wellenberg gerade durch den Meridian geht, wenn sich der Mond gleichfalls daselbst befindet, so mufs die Erhebung durch die Anziehung dieses Trabanten vermehrt werden, welcher für sich allein nur auf einen zu kleinen Raum gewirkt und somit keine merkliche Veränderung erzeugt haben würde. Beide Wirkungen, die der Erwärmung durch die Sonnenstrahlen und der Anziehung durch den Mond, heben einander auf in den Quadraturen, fallen aber zusammen in den Syzygien, der höher gehobene Wellenberg veranlafst ein stärkeres Abfliefsen der wärmeren Luft unter dem Aequator, das Barometer steht im Ganzen niedriger, die Regenmengen und die südlichen Luftströmungen dagegen nehmen zu. Zur Zeit der Conjunction der Sonne und des Mondes verliert sich die Wirkung des letzteren mehr in der gröfseren der ersteren, zur Zeit des Vollmonds aber erreicht sie ihr Maximum, und weil die sich erhebende Welle, die Erhebung des Wellenberges, dem Laufe der Sonne vorauseilt, d. h. nach der gegebenen Darstellung früher eingeleitet wird, früher beginnt, als die Sonne in den Meridian eines Ortes kommt (wenn gleich das Maximum ihres deprimirenden Einflusses auf das Barometer erst später eintritt), so fällt die Einwirkung des Mondes in den Syzygien und die derselben entgegengesetzte in den Quadraturen nicht genau in diese Lunationen, sondern geht ihnen etwas voraus.

133) Aus dieser Darstellung, wonach der Einflufs des Mondes auf die Witterung eine sehr geringe, aus den übrigen Wechseln kaum aufzufindende Gröfse ist, geht zugleich

unverkennbar hervor, dafs die Annahme der mit der Mondperiode wiederkehrenden Witterung auf durchaus nichtigen Gründen beruhe. Dieses Resultat ergiebt sich auch aus der Erfahrung und zeigt sich deutlich in dem Umstande, dafs alle Versuche, den Gang der Witterung voraus zu bestimmen, bisher gescheitert sind. Andere angenommene Perioden, z. B. die 25jährige nach PREVOST[1] oder die 100jährige nach PFAFF[2] oder die 19jährige der Windrichtungen, welche im November jedes Jahres beginnen und dann sogleich Nässe oder Trockenheit bedingen soll, nach MAC-KENZIE[3], beruhn ebensowenig auf genügenden Gründen, und wenn nach der oben erwähnten Annahme von GATTERER die Witterungsperioden durch immer neu hinzukommende Bedingungen bis auf mehrere Jahrhunderte hinaus verlängert werden, so heifst dieses nichts anderes, als dafs gar keine regelmäfsige Periodicität existirt. Zu dieser Schlufsfolgerung mufs man nothwendig gelangen, wenn man berücksichtigt, wie viele allgemeine, oft in weiten Entfernungen vorhandene Ursachen den Gang der Witterung bedingen, welcher dann durch verschiedene örtliche Einflüsse noch vielfach modificirt wird. Die Zusammenstellung des Weinertrags in Würtemberg in den einzelnen Jahren von 1236 bis 1800 durch SCHÜBLER[4] zeigt deutlich, dafs die Witterung im Ganzen in sehr langen und unbestimmbaren Perioden wechselt, ohne dafs man bis jetzt im Stande war, den physischen Grund hierfür aufzufinden. Wollte man noch eine gewisse Regelmäfsigkeit aufsuchen, so liegt sie vielleicht darin, dafs der allgemeine Charakter der Witterung rücksichtlich auf Trockenheit oder Nässe, Wärme oder Kälte sich meistens einige auf einander folgende Jahre hindurch gleich bleibt, weswegen häufig zwei ähnliche Jahre auf einander folgen, von denen das zweite die allgemeine Disposition hervorstechender zeigt. Als Beispiele dienen die kalten Winter 1799 und 1800, die trocknen Sommer 1810 und 1811, dann 1818 und 1819 und wieder 1833 und 1834, so wie die gelinden Winter 1832, 1833 und 1834,

1 Biblioth. Britann. T. XXVI. p. 74 u. 163.

2 Ueber den heifsen Sommer 1811. Kiel 1812.

3 Farmer's Magazine. Febr. 1822. Biblioth. univ. T. XIX. p. 252.

4 Correspondenzblatt des würtemb. landwirthsch. Vereins. Th. XIX. S. 1.

wiewohl auch diese Regel nicht seltene Ausnahmen erleidet. Ferner herrscht meistens eine gewisse Witterung über einen weit ausgedehnten Länderzug, während in andern gerade der entgegengesetzte Charakter sich zeigt; so unter andern die grofse Dürre der Jahre 1833 und 1834 im südwestlichen Rufsland, die grofse Kälte in Brasilien im Jahre 1811, als im westlichen Europa die Wärme einen ungewöhnlich hohen Grad erreichte, und die aufserordentliche Kälte in Nordamerica[1] im Januar 1835, während in hiesigen Gegenden von eigentlicher Kälte kaum die Rede war. Will man jedoch diesen allgemeinen Charakter auf bestimmte Zeiten und einzelne Orte anwenden, dann zeigt sich ganz die Regellosigkeit der Witterungsverhältnisse. Ein sehr interessantes Beispiel, welches zugleich als redender Beweis gegen jede allgemeine Ausdehnung von Witterungsgesetzen dient, zeigt die höchste Ungleichheit des Wetters an verschiedenen Orten bei Gelegenheit der Sonnenfinsternifs am 19. Nov. 1816. Ganz bedeckter Himmel hinderte die Beobachtung dieses Phänomens zu Leipzig, Petersburg, Hannover, Wilna, Mannheim, Cassel, Marburg, Dorpat, Mitau, auf dem Harze, zu Danzig, Cracau, Riga, Dünaburg, Gotha, Hamburg, Stettin, Schwedt, Soldin, Nürnberg, Augsburg, Göttingen; ungünstiges, aber doch unvollkommene Beobachtungen gestattendes Wetter herrschte zu Breslau, Königsberg, Kremsmünster, Culm, Warschau, Kloster Hradisch, Kopenhagen und Bütow in Hinterpommern; völlig heiteres Wetter endlich zu Berlin, Paris, Zettnim in Mecklenburg, Prag, Thorn, Dresden, Glatz, Wien, Ofen, Mailand, Stolpe in Hinterpommern, Tangermünde und auf Rügen[2]. Ein anderes, wegen Abwesenheit des blofs Zufälligen noch mehr beweisendes Beispiel ist, dafs im Jahre 1783 vom 25. Nov. bis 20. März des folgenden Jahres zu Narbonne weder Regen noch Schnee fiel, statt dafs zu Rochelle in einer Entfernung von blofs 50 Meilen in den drei ersten Monaten des Jahres 1784 bis zum 20. März in 35 Regentagen 8,5 Zoll Regen herabfielen, die kleineren Schauer nicht mitgerechnet[3].

134) Der Einflufs der Witterung auf so manche bürger-

---

1 Ann. Chim. Phys. T. LXI. p. 109.
2 Bode astron. Jahrb. 1820. S. 189.
3 Brandes Witterungskunde. S. 94.

liche Geschäfte und Verhältnisse, hauptsächlich aber auf landwirthschaftliche Vortheile, hat von jeher das Bestreben rege erhalten, das Wetter in voraus zu bestimmen, allein bis jetzt haben alle hierauf verwandte Bemühungen noch zu keinem genügenden Resultate geführt. Allerdings giebt es gewisse Kennzeichen, welche für die nächste Zukunft eine ziemlich sichere Vorausbestimmung gewähren, allein stets bleibt diese noch in verschiedenen Graden schwankend, sie beruht auf einer geschickten Combination mehrerer Anzeigen und läfst sich daher nicht erlernen, sondern nur durch längere Uebung erlangen, eine Voraussagung auf längere Zeit mufs aber, nach den bisher gepflogenen Untersuchungen, als ganz unzulässig erscheinen. Da jedoch diese Frage ohne Unterlafs aufs Neue ventilirt wird und wegen ihres hohen allgemeinen Interesses die Aufmerksamkeit so vieler Menschen in Anspruch nimmt, so ist es gewifs nicht überflüssig, dasjenige zusammenzustellen, was sich hierüber bestimmen läfst.

Zuerst hat Gronau[1] durch eine Zusammenstellung der Erdbeben und vulcanischen Ausbrüche, die in 119 Jahre während eines Zeitraums von 801 bis 1808 fallen, vollständig erwiesen, dafs diese Phänomene weder mit dem Stande des Barometers noch mit dem Verhalten des Wetters in irgend einem Zusammenhange stehn. Viele nehmen an, dafs der Winter ein Prognostikon des Sommers abgebe oder umgekehrt, namentlich dafs auf heifse Sommer kalte Winter und auf strenge Winter heifse Sommer folgen, allein obgleich dieses zuweilen eintrifft, so läfst es sich doch keineswegs als Regel betrachten. Vor einigen Jahren wurden in mehrern öffentlichen Blättern folgende Regeln bekannt gemacht. 1) Ist die mittlere Temperatur des Juli ganz oder beinahe der des August gleich, so folgt ein mäfsig kalter Winter. 2) Ist der Juli kälter als der August, so folgt ein gelinder Winter. 3) Ist der Juli heifser als der August, so folgt ein kalter Winter. Allein Schön[2] hat aus 22jährigen Beobachtungen erwiesen, dafs diese Regel kaum öfter zutrifft, als täuscht, dafs sie aber

---

1 Schriften d. Ges. Naturf. Freunde. 3. Jahrg. 1809. S. 249.

2 Oekonom. Neuigkeiten und Verhandlungen. 1830. N. 48. S. 377. Correspondenz von u. für Deutschl. 1830. N. 94. Vergl. Kastner Archiv. Th. II. S. 386.

an Wahrscheinlichkeit zunimmt, wenn man die Temperatur des Octobers zugleich berücksichtigt. Ist nämlich der Juli heifser als der August und zugleich der October kalt, fallen überhaupt kalte Stürme mit Graupeln in die zweite Hälfte des Octobers, so folgt ein strenger Winter. Als nicht ganz verwerfliche Vorzeichen des allgemeinen Charakters der Witterung dienen ohne Widerrede diejenigen Gestaltungen desselben, welche in die Zeiten der Wendepuncte der Sonne fallen, wie sich auch aus dem Einflusse der hierdurch bedingten Luftströmungen und tropischen Regen leicht erklären läfst. In der Regel pflegt das Wetter zur Zeit der Solstitien und Sonnenwenden einen bestimmteren Charakter anzunehmen und dann im Ganzen diesen beizubehalten, weswegen auch die hierauf gegründeten, an gewisse Tage gebundenen Prophezeiungen der Landwirthe keineswegs ganz verwerflich sind. Weit unsicherer sind die aus den Lunationen hergenommenen Regeln, sofern sie sich hierauf beziehn, wie hoch man auch seit alten Zeiten diese durch Pilgram[1] vorzüglich hervorgehobenen zu stellen pflegt. Schübler[2] hat untersucht, mit welcher Wahrcheinlichkeit sich vom 3ten, 4ten und 5ten Mondstage auf das Verhalten der Witterung im ganzen folgenden Mondmonate schliefsen lasse, und aus dem Resultate geht allerdings mindestens einige Wahrscheinlichkeit der Schlufsfolgerungen hervor, allein dieses Resultat ist täuschend, denn erstlich werden die Regentage oder heiteren Tage, welche als Vorzeichen dienen sollen, in der Summe mitgezählt, die hierdurch also wachsen mufs, und aufserdem behält die bestehende Witterung ihren angenommenen Charakter in der Regel einige Zeit bei, weswegen man nach jeder anderen Periode gleich richtig schliefsen würde. Auf diese Regelmäfsigkeit im Verlaufe der Witterung, wenn sie einmal einen bestimmten Charakter angenommen hat, beziehen sich auch die durch Lampadius[3] bemerkten Perioden, deren Grund nach Dove's[4] Untersuchungen in einer nach gewissen Gesetzen erfolgenden

---

1 Ueber das Wahrscheinliche der Wetterkunde. Wien 1788. Abth. II. S. 438. Die bekannte Regel heifst: *Prima, secunda nihil, tertia aliquid; quarta et quinta qualis, tota est lunatio talis.*

2 Grundsätze der Meteorologie u. s. w. Leipz. 1831. S. 192.

3 Schweigg. Journ. Th. LVII. S. 266.

4 Poggendorff Ann. XI. 545.

Drehung des Windes zu suchen ist. Das beste Mittel zur Vorausbestimmung der nahe bevorstehenden Witterung bleibt immer noch das Barometer, jedoch lassen sich die Regeln, wonach man von seinen Schwankungen auf die Veränderungen des Wetters schliefsen mufs, nicht allgemein angeben, sondern sie müssen aus mehrjähriger Erfahrung abstrahirt werden; denn oft steigt es vor dem Regen und während desselben, und oft ist heiteres Wetter mit seinem niedrigen Stande verbunden, beides aus den über seine Schwankungen in Folge herrschender Luftströmungen oben mitgetheilten Untersuchungen leicht erklärbar. Als allgemeine Regel aber läfst sich annehmen, dafs man um so mehr auf dauerndes gutes Wetter rechnen kann, je anhaltender die regelmäfsigen Oscillationen beim mittleren Stande oder über demselben sich vorherrschend zeigen, also wenn das Quecksilber des Morgens nach 9 Uhr steigt, um Mittag etwas sinkt und am Abend seine Höhe wieder erreicht oder ihr nahe kommt, hauptsächlich aber nach einem geringen Sinken während der Nacht oder früh Morgens dann gegen 10 Uhr etwa nicht hinter dem Stande des vorigen Tages zurückbleibt. Ueberhaupt ist das Steigen des Barometers vom Abend bis zum andern Morgen ein sichereres Zeichen bevorstehenden heiteren Wetters, als wenn dieses während des Tages erfolgt, ja ich möchte es als ein Vorzeichen sehr veränderlicher Witterung angeben, wenn wiederholt ein Steigen am Tage mit einem Sinken während der Nacht verbunden ist, vorzüglich wenn die Gröfse des letzteren die des ersteren übertrifft. Endlich deuten schnelle Wechsel des Barometerstandes auf veränderliches Wetter, geringe und noch mehr ein stabiles Verhalten auf beständige Witterung[1].

135) Die sonstigen gewöhnlichen Vorzeichen der Witterung hat Schübler[2] sehr vollständig angegeben; sie lassen sich besser durch Uebung als aus Beschreibungen erlernen.

---

1 Die oben §. 60. bereits erwähnte Angabe von Parry, dafs das Barometer vom 74sten Breitengrade an die Veränderungen des Wetters nicht im voraus verkündigte und erst vom 60sten Grade an diese bekannte Eigenschaft wieder zeigte, steht bis jetzt noch allein und mufs erst durch weitere Beobachtungen bestätigt oder widerlegt werden.

2 Grundsätze der Meteorologie. S. 191. Vergl.: der untrügliche Wetterprophet oder gründliche Anleitung u. s. w. Carlsruhe 1812. 8.

Es gehören dahin zuerst die aus der Beschaffenheit der Atmosphäre entnommenen, die im Ganzen darauf hinauslaufen, dafs die Anwesenheit grofser Feuchtigkeit der Luft auf bevorstehenden Regen schliefsen läfst; dahin gehören die durch vorhandene Dunstkügelchen oder Eistheilchen erzeugten Höfe um Sonne und Mond, die Nebensonnen und Nebenmonde, die jedoch nicht sichere Vorboten von Hydrometeoren sind, weil sich die Dünste wieder auflösen können. Ein rothes Aussehn des Mondes soll Wind, ein blasses Regen, ein helles Heiterkeit des bevorstehenden Wetters andeuten[1], sicherere Zeichen aber giebt die Sonne, indem Regen bevorsteht, wenn sie trübe aufgeht, und noch sicherer, wenn nach ihrem Untergange an der Stelle, woher der Wind weht, Wolken aufsteigen. Ebenso folgt auf Morgenröthe mit ebenso überwiegender Wahrscheinlichkeit Regen, als auf Abendröthe heiteres Wetter, nach Schübler ersteres im Verhältnifs von 61,6 zu 6,8, letzteres wie 63,7 zu 16. Erscheinen insbesondere des Abends Berge und Anhöhen näher, sind sie vorzüglich klar und scharf begrenzt, glänzen und funkeln die Sterne vor Mitternacht stark, so deutet dieses auf Regen, weil dann südliche und westliche warme Luftströmungen eine kurzdauernde Auflösung der wässerigen Dünste bewirken. Nichts deutet so sehr auf anhaltend regnerisches Wetter, als wenn die Strahlen der untergehenden Sonne eine auffallende Beleuchtung der Gegenstände mit etwas kupferfarbigen sehr gelben Lichtstrahlen hervorbringen[2]. Nebel geben wenig sichere Anzeigen, auch sind letztere an verschiedenen Orten ungleich, doch kann im Allgemeinen gesagt werden, dafs Winter- und Sommernebel Niederschläge, Herbstnebel, hauptsächlich im August, September und October, heiteres Wetter verkünden; dagegen ist das Ansammeln von Nebelwolken um die Spitzen hoher benachbarter Berge und in Bergschluchten, ferner das sogenannte Rauchen der Berge[3] ein sicheres Vorzeichen wässeriger Niederschläge. Thau, insbe-

---

Senebier in Journ. des Sciences utiles. Daraus in Gothaisches Mag. Th. VIII. St. 2. S. 1.

1 Aratus sagt schon: *Pallida luna pluit, rubicunda flat, alba serenat.*

2 Vergl. H. Davy in Salmonia. Daraus in Edinb. New Phil. Journ. N. X. p. 387.

3 Vergl. *Nebel.* Bd. VII. S. 20.

sondere ein starker, läfst auf heiteres Wetter schliefsen, das Ausbleiben desselben bei heiterem Himmel und nicht erfolgende Abkühlung der Nacht deuten mit hoher Sicherheit auf trübes und regnerisches Wetter. Die stärkere Verbreitung riechbarer Stoffe, sowohl der wohlriechenden als auch insbesondere von fauligen Stoffen, hauptsächlich bei Nacht, deuten auf regnerisches Wetter, weil die Dünste in der Luft diesen Substanzen zum Vehikel dienen, und ebenso der hellere Schall, wenn er von Süden oder Südwesten herkommt, noch mehr ein fernes Brausen aus jenen Gegenden, weil es durch Luftströmungen in dieser Richtung, letzteres insbesondere in höheren Regionen der Luft, erzeugt wird.

136) Ein hoher Grad der Feuchtigkeit der Atmosphäre, insbesondere wenn er mit ungewöhnlicher Wärme verbunden ist, deutet auf baldigen Regen; denn eine erfolgende Abkühlung mufs Niederschläge zur Folge haben. Wird daher ein vorzüglicher Feuchtigkeitszustand durch das Hygrometer angezeigt, so darf man auf baldige Hydrometeore rechnen; allein man bedarf hierzu der eigentlichen Apparate nicht, vielmehr deutet das Schwitzen der Wände, das Feuchtwerden des Steinpflasters und steinerner Treppen, das Zerfliefsen des Kochsalzes, das Quellen des Holzes, das Ansetzen und Glimmen des Rufses an den Pfannen und Töpfen, insbesondere das Ankleben des frisch gemahlenen Kaffees an den Wandungen der Kästchen gleichzeitig auf beides und wird daher in den Oekonomieen zur Voraussagung nassen Wetters benutzt, so wie das Gegentheil als Vorzeichen heiterer Witterung dient. Auf glatteisenden Regen, wenn er auch nur von kurzer Dauer und von heftiger Kälte begleitet ist, ja selbst wenn nachher die Kälte zunimmt, folgt fast ohne Ausnahme Thauwetter binnen etwa 48 Stunden. Das Knacken der hölzernen Meubeln, welches nördlichen und östlichen Winden vorauszugehn pflegt, ist eine Folge der schon vorausgehenden Trocknifs. Hieraus erklärt sich das Tönen der in einem Schranke aufgestellten Gläser vor einem Sturme, welches Belmont[1] beobachtete und unrichtig von der Elektricität ableitete. Was man als Vorzeichen aus dem Pflanzenreiche anführt, dafs nämlich manche Gewächse ihre Blätter und Blüthen in den sogenannten

1 Ann. Chim. Phys. T. XXXVI. p. 418.

Schlafzustand legen, ist vielmehr als Folge der schon beginnenden wässerigen Niederschläge zu betrachten, doch pflegt das Hervorschiefsen mancher Schwämme, namentlich aus der Gattung *Agaricus*, schon vorauszugehn. Sonstige Vorzeichen, als das späte und vollständige Blühen mancher Heiden, namentlich der *Erica vulgaris*, welches einen strengen Winter verkündigen soll, sind im Ganzen sehr unsicher.

137) Die Vorzeichen aus der Thierwelt sind unter allen die räthselhaftesten und doch mitunter die sichersten. Sie beruhn im Ganzen auf der Empfindlichkeit der Nerven gegen atmosphärische Einflüsse, jedoch ist damit bei weitem nicht alles und eigentlich wohl nichts erklärt. Dahin gehört die Ermattung und das drückende Vorgefühl der meisten Menschen vor Gewittern, das Schmerzen alter Narben, das Jucken und Stechen der Frostbeulen und Hühneraugen, die Anfälle von Kopfschmerzen und Gichtübeln von bedeutenden Wetterveränderungen, deren Erklärung bis jetzt unmöglich war. Von den vielen Vorzeichen bei Säugethieren erwähne ich nur das begierige Fressen der Schafe und das Grasfressen der Hunde vor dem Regen, bei Vögeln aufser den Kennzeichen, die man von den Zugvögeln herzunehmen pflegt[1], das ungewöhnliche Schreien, Singen und Krähen, so wie die Begierde des Badens und sich dem beginnenden Regen auszusetzen, bei den Fröschen die bemerkbare Unruhe und das viele Quaken, bei den Insecten das Stechen der Schnaken, die Geschäftigkeit der Ameisen und die Trägheit der Bienen. Man pflegte früher Laubfrösche in Gläsern zu halten, um sie als Wetterpropheten zu beobachten, ebenso Blutegel und die sogenannten Wetterfische oder Schlammpizger (*Cobitis fossilis Bloch.*), welche alle vor Regen und Sturm unruhig werden und im Sande am Boden der Gefäfse wühlen. Auch die Spinnen galten seit langer Zeit für Verkündiger des Wetters, sie kamen aber in hohen Credit, als Quatremère d'Isjonval[2] auf ihre Anzeigen bevorstehende Kälte prophezeite, die auch wirklich erfolgte und dem französischen Heere das Eindringen in die Niederlande möglich machte. Seitdem sind sie mit vermehrter Aufmerksamkeit von sehr vielen Meteorologen beobachtet worden

1 Vergl. Kastner Archiv für Chem. u. Met. Th. IV. S. 399.

2 Araneologie. Frankf. 1798. 8.

und nicht wenige derselben, unter denen ich nur Oerhal[1], Scharfenberg[2] und J. Weber[3] nennen will, stellen sie in dieser Beziehung sehr hoch; ich gestehe jedoch offen, dafs ich sowohl die von diesen angegebenen Regeln in Anwendung zu bringen, als auch aus eigenen Beobachtungen solche zu abstrahiren gesucht habe, ohne zu einem genügenden Resultate zu gelangen. Nach Schübler[4] steht regnerisches und stürmisches Wetter bevor, wenn die Spinnen ihr radförmig ausgespanntes Gewebe zum Theil selbst zerreifsen, in ihre Löcher und Schlupfwinkel zurückkehren, überhaupt weniger sichtbar sind, und wenn einige Hängespinnen sich mitten in den Wohnungen an Fäden herablassen, ohne sie am Boden zu befestigen, vielmehr an diesen gerade wieder in die Höhe steigen.

Die Literatur der Meteorologie ist sehr reich, inzwischen sind die vorzüglicheren Werke und Abhandlungen gelegentlich erwähnt worden und es scheint mir daher genügend, wenn ich hier nur das kurze, zur Erlangung einer Uebersicht des Ganzen sehr geeignete Werk von Schübler und das grofse, sehr gelehrte, dem forschenden Meteorologen unentbehrliche von Kämtz, beide mehrmals von mir erwähnt, nochmals besonders nenne[5].

M.

---

1 Die Wetterpropheten im Thierreiche u. s. w. Leipz. 1805.

2 Wetteranzeige u. s. w, Wien 1819.

3 Die Spinnen sind Deuter des kommenden Wetters. Landshut 1800.

4 A. a. O. Aehnliche Regeln empfiehlt Kraus in Correspondenzbl. d. würtemb. landwirthschaftl. Vereins. Stuttgart 1829. 15ter Jahrg. S. 88.

5 Unter den älteren Werken ist Lambert Vorschläge zu verschiedenen Beobachtungen u. s. w. Aus d. Franz. 1788. zu empfehlen. Unter den neueren: Senebier Météorol. pratique. Par. u. Gén. 1810. Researches about atmospheric phenomena. By Thow. Forster. 2d. ed. Lond. 1815.

Meteorstein.

Meteorolith, Mondstein; *Lapis de* (oder *ex*) *coelo delapsus*; Pierre météorique, Aërolithe; *Meteorous stone*.

Unter Meteorsteinen versteht man diejenigen Steine und auch wohl sonstigen mineralischen Massen, welche beim Zerplatzen von Feuerkugeln herabfallen. Da von den letzteren bereits gehandelt worden ist[1], so wird es genügen, hier blofs das Herabfallen meteorischer Massen vom Himmel zu berücksichtigen.

1) Schon aus den ältesten Zeiten hat man Nachrichten von Steinen, die vom Himmel gefallen seyn sollten und die man zum Theil unter dem Namen *Baethylia, Ceraunia, Brontia* u. s. w. als Heiligthümer aufbewahrte oder auch das Andenken an ihr Herabfallen durch Münzen verewigte, worauf sie durch einen über ihnen befindlichen Stern kenntlich sind. Chladni[2] hat diese Angaben, unter denen die Erzählung des Livius[3], dafs es im Jahre 654 v. Chr. auf dem Albanischen Berge Steine geregnet habe (*lapidibus pluisse*) wohl die bekannteste ist, in möglichster Vollständigkeit theils aus den Quellen selbst, theils aus den Werken von Münter[4], v. Dalberg[5], Abel-Remusat[6], Bigot de Morogues[7] und Anderen zusammengetragen. Obgleich über einige dieser Ereignisse Protocolle aufgenommen worden waren, welche die Thatsache selbst historisch bestätigten, so bezweifelte man doch, namentlich am Ende des vorigen Jahrhunderts, die Sache gänzlich und hielt

---

1 S. Art. *Feuerkugel*. Bd. IV. S. 209.

2 Ueber Feuer-Meteore und über die mit denselben herabgefallenen Massen. Wien 1819. 8. S. 173.

3 Histor. Lib. I. C. 30.

4 Ueber die vom Himmel gefallenen Steine, Bäthilien genannt. Kopenh. 1805. G. XXI. 51.

5 Ueber Meteor-Cultus der Alten, vorzüglich in Bezug auf Steine, die vom Himmel gefallen sind. Heidelb. 1811.

6 Journ. de Phys. 1819. Mai.

7 Mémoire historique et physique sur les chutes des pierres tombées à la surface de la terre à différentes époques. Orléans 1812.

die Nachrichten für Fabeln oder die Beobachter für getäuscht, weil solche Ereignisse mit ausgemachten Naturgesetzen unvereinbar seyen. Zwar hatte schon HALLEY[1] geäufsert, die Feuerkugeln beständen aus zusammengeballter kosmischer Materie, auch glaubte T. BERGMANN[2], dafs die Nachrichten von herabgefallenen Steinen nicht geradezu für Fabeln zu halten seyen, allein dennoch mufs CHLADNI für den ersten eigentlichen Verfechter der Meinung gehalten werden, dafs nicht blofs ausnahmsweise und als äufserste Seltenheit, sondern vielmehr sehr häufig selbst grofse Massen vom Himmel herabfielen. Zuerst äufserte er diese Hypothese in Beziehung auf die von PALLAS in Sibirien aufgefundene Eisenmasse[3], deren Form und Bestandtheile nach der Natur ihres Fundortes dort nicht entstanden seyn konnten und von welcher es aufserdem hiefs, dafs sie vom Himmel gefallen sey. Um dieselbe Zeit (16. Jun. 1794) ereignete sich der bekannte Steinfall zu Siena, worüber SOLDANI[4], SPALLANZANI und TATA[5] verschiedene Nachrichten bekannt machten, die um so weniger zweifelhaft scheinen konnten, da auf Veranlassung der Regierung der Gerichtshof zu Pienza die Sache untersuchte und zwölf Augenzeugen darüber abhörte[6]. Als einen Gegner der Hypothese erklärte sich DE LUC mit solcher Leidenschaftlichkeit, dafs er sagte, er würde die Thatsache nicht glauben, wenn er auch selbst einen Stein zu seinen Füfsen vom Himmel herabfallen sähe, und auch dessen Bruder blieb beharrlich bei seinem Widerspruche, indem er zugleich die sibirische Eisenmasse für einen Auswürfling eines Vulcans erklärte[7]. Am 13. Dec. des folgenden Jahres fiel bei Woodcottage in Yorkshire ein 56 ℔. schwerer Stein nach einem heftigen Knalle und unter Fun-

---

1 Philos. Trans. XXIX. p. 161. XXX. p. 978.

2 Phys. Beschreibung d. Erdkugel. Th. II. S. 80.

3 Ueber den Ursprung der von PALLAS entdeckten Eisenmasse und einige damit in Verbindung stehende Naturerscheinungen. Leipz. 1794. 4.

4 Opuscoli scelti da C. AMORETTI. Atti dell' Accademia di Siena T. IX.

5 Memoria sulla pioggia di pietre nella Campagna Sanese. Napoli 1794.

6 G. VI. 13.

7 Biblioth. Britann. T. XVII. XVIII. XIX.

kensprühen vor mehreren Augenzeugen vom Himmel herab, drang durch 12 Zoll Dammerde und 6 Z. Kreideboden, war noch heiſs beim Herausnehmen und roch nach Schwefel[1]. Als darauf auch die Nachricht einging, daſs gleichfalls am 13. Dec. 1798 zu Krakhut bei Benares in Bengalen aus einer groſsen Feuerkugel mit donnerartigem Getöse mehrere Steine herabgefallen seyen[2], und da diese Thatsache nicht bezweifelt werden konnte, weil Davis, der Richter des Districts, sie eigends untersuchen lieſs, als insbesondere die dort gesammelten Steine mit dem englischen verglichen sich bloſs durch ungleiche Feinheit des Korns unterschieden, so ging man in England, und zwar zuerst King[3], demnächst Howard[4], allgemein zum Glauben an die Wirklichkeit von Meteorsteinfällen über. Hierdurch wurden dann auch die französischen Gelehrten bewogen, ihre Zweifel aufzugeben, und das Institut benutzte die erhaltene Nachricht von einem am 26. April 1803 bei Aigle im Dep. de l'Orne statt gehabten Steinfalle, um durch genaue Constatirung der Sache jeden künftigen Widerspruch zu entfernen. Biot wurde zur Untersuchung des ganzen Ereignisses hingesandt, überzeugte sich von der Wirklichkeit der Thatsache, stattete einen vollständigen Bericht über alle Haupt- und Nebenumstände ab[5] und man kann sagen, daſs erst hierdurch alle bis dahin noch gehegten Zweifel gänzlich zerstreuet wurden. Die letzte öffentliche Untersuchung einer solchen wichtigen Begebenheit ist von der österreichischen Regierung veranstaltet worden, indem v. Schreibers und v. Widmanstädten nach Stannern in Mähren reisten, um von dem, einer erhaltenen Anzeige nach, dort am 22. Mai 1808 statt gehabten Meteorsteinfalle sichere Kunde einzuziehn[6]. Durch alle diese Bemühungen wurde nicht bloſs die Sache selbst völlig ausge-

---

1 Gentlemans Magazine 1796. Febr.

2 Philos. Trans. 1802. G. XIII. 291.

3 Remarks concerning stones said to have fallen from the clouds in these days and in the ancient times. Lond. 1796.

4 Philos. Trans. 1802.

5 Mémoires de l'Institut. T. VII. G. XVI. 44.

6 Vaterländische Blätter für den österreichischen Kaiserstaat. 1808. N. 13. Auf gleiche Weise wurde über den Meteorsteinfall bei Wessely in Mähren am 9. Sept. 1831 ein genaues Protocoll aufgenommen. Zeitschrift für Physik u. verwandte Wissensch. Th. I. S. 199.

macht, sondern man lernte auch das ganze Phänomen mit seinen Eigenthümlichkeiten so genau kennen und wurde mit der Form und den Bestandtheilen der herabgefallenen Massen so innig vertraut, daſs es seitdem leicht ist, die Zuverlässigkeit anderer Nachrichten und die Aechtheit der für meteorisch ausgegebenen Fossilien zu prüfen; es bedarf daher bei ähnlichen Ereignissen solcher weitläuftigen Untersuchungen nicht mehr, und bloſs dann, wenn die Umstände abweichend und die gefundenen Substanzen von ganz verschiedener Beschaffenheit sind, ist es rathsam, eine genaue Prüfung vorzunehmen, um mit Gewiſsheit beurtheilen zu können, was für Stoffe überhaupt auf diese Weise zur Erde kommen. Dieses geschah bei derjenigen sehr alkalischen Masse, welche nach erhaltenen Nachrichten am 6. Aug. 1820 bei Ovelgönne im Oldenburgischen vom Himmel gefallen und einen Heuhaufen entzündet haben sollte. Da diese Substanz von allen früheren bedeutend abwich, so war es von groſser Wichtigkeit, durch Verwendung bei dem Regierungs-Präsidenten v. Berg eine legale Untersuchung des ganzen Ereignisses zu erwirken, aus welcher sich dann ergab, daſs der Blitz den Heuhaufen entzündet und das entstandene Feuer aus der groſsen Menge Heu eine beträchtliche sehr alkalische, poröse und lockere Masse zusammengeschmolzen hatte, wie sie auch sonst wohl in verbrannten Heu- oder Strohmagazinen gefunden werden[1].

2) Es ereignet sich auſserordentlich häufig, daſs meteorische Massen aus Feuerkugeln vom Himmel fallen. Chladni hat alle ihm bis zum Erscheinen seines Werkes bekannt gewordene Fälle gesammelt und sonach ein sehr vollständiges Verzeichniſs aufgestellt. Dieses ist von ihm seitdem theils ergänzt, theils fortgesetzt[2] worden und nach seinem Tode ist Letzteres durch v. Hoff[3] geschehn. Die hierin zusammengestellten Nachrichten sind weit genauer und reichhaltiger, als die in sonstigen Verzeichnissen enthaltenen, die deswegen keine nähere Erwähnung verdienen. Zu den interessanten, von

---

1 G. LXVI. 328. LXXIII. 379.

2 In G. LXVIII. 329. LXXI. 359. LXXV. 229. Poggendorff Ann. II. 151. VI. 21 u. 161. VIII. 45. Schweigger's Journ. XXXVI. 1. XLIV. 475.

3 Poggendorff Ann. XVIII. 174 u. 315. XXIV. 222. XXXIV. 339.

Chladni nicht aufgefundenen Nachrichten von Meteorsteinfällen gehören jedoch die durch J. v. Hammer[1] mitgetheilten, wonach im Jahr 856 ein 135 ℔. schwerer Stein in Aegypten, um 1440 eine Masse Meteoreisen in Kleinasien und 1740 zwei Meteorolithen in Rumelien im Angesichte mehrerer Augenzeugen vom Himmel fielen. Auch L. Bossi[2] hat ein reichhaltiges Verzeichnifs in alten Zeiten beobachteter Meteorsteinfälle aufgestellt, ein älteres, von Chladni benutztes, hat Jameson[3] mitgetheilt und C. Ritter[4] einige interessante Nachrichten aus dem Oriente bekannt gemacht. Zwei Fälle, den einen eines Meteorsteins und den andern von Meteoreisen, welches mit gewöhnlichem verbunden zu Schwertern ausgeschmiedet wurde, entlehnte Wilkes[5] aus einem arabischen Manuscripte. Einer der neuesten Meteorsteinfälle ereignete sich im Departement Ain am 13. Nov. 1835, also gerade an dem Tage der so ungemein zahlreichen Sternschnuppen, und zeichnete sich noch obendrein dadurch aus, dafs der Meteorolith ein Haus anzündete[6]. Die Nachricht von einer Feuerkugel, welche Ménobréaz[7] am 8. Febr. 1836 im Thale Suse zwischen St. Ambrosius und Rivoli gesehn haben will, die sich von der Erde zu 30 Fufs erhob, nach Art frei verbrennenden Schiefspulvers mit einem Glanze wie ein römisches Licht zerplatzte und eine Art weifsen Pulvers herabfallen liefs, ist wohl noch rücksichtlich ihrer Aechtheit zweifelhaft. Wenn man auch berücksichtigt, dafs manche der aufgezählten Fälle noch problematisch sind, so ist dennoch ihre Zahl unglaublich grofs. In Frankreich wurden von 1790 bis 1815, also in einem Zeitraume von 26 Jahren, 10 solche Ereignisse beobachtet. Chladni[8] berechnet den Flächenraum, über welchen sich diese Steinfälle erstreckten, zu 6000 Quadratmeilen, und da dieser sich zu dem der ganzen Erde wie 1 zu 2000 verhält, so läfst sich nach v. Schreibers mit grofser Wahrscheinlichkeit annehmen, dafs überhaupt in diesem

1 Wiener Zeitschrift. Th. VII. S. 264.
2 Brugnatelli Giorn. T. IV. p. 313.
3 Edinb. Philos. Journal. N. II. p. 221.
4 Poggendorff Ann. XVIII. 621.
5 Ebend. XXVI. 350.
6 Eb. XXXVI. 562. XXXVII. 460.
7 Biblioth. univ. 1836. T. I. p. 145.
8 A. a. O. S. 93.

Zeitraume mindestens 18000 Meteorsteinfälle statt gefunden haben, da man doch nicht füglich jene Gegend für vorzugsweise begünstigt halten kann und es aufserdem fraglich bleibt, ob über jener Strecke alle einzelne Erscheinungen beachtet und bekannt gemacht worden sind. Hieraus geht aber das Resultat hervor, dafs der Meteorsteinfälle im Durchschnitt auf jedes Jahr 700 für die ganze Erde oder für jeden Tag 2 kommen[1]. Ob sie in gewissen Jahren häufiger sind als in andern, darüber ist schwer zu entscheiden, und es müfste jemand, um diese Frage auch nur annähernd zu beantworten, eine geraume Reihe von Jahren hindurch anhaltend mit gleicher Sorgfalt alle ihm bekannt werdenden Nachrichten aufzeichnen. Auf jeden Fall verwirft Chladni jede Periodicität und hält die von Ritter[2] aufgestellte Hypothese, wonach die Meteorsteinfälle mit den Nordlichtern wechseln sollen, für durchaus nichtig.

3) Wenn aus den Feuerkugeln Meteorsteine herabfallen, so ist das Getöse ihres Zerplatzens ausnehmend stark. Bei Aigle hörte man dasselbe über eine Fläche, deren Radius auf 30 Lieues geschätzt wurde, es glich 3 bis 4 Kanonenschüssen und darauf folgendem kleinen Gewehrfeuer und soll 5 bis 6 Minuten gedauert haben; bei Stannern soll das Getöse sogar 8 Minuten lang gehört worden seyn und die Erschütterung der Luft durch den Schall fühlte man bis auf eine Entfernung von 10 Meilen. An dem ersteren Orte fielen gegen 2000 Bruchstücke von Steinen, deren gröfstes 17,5 ℔. wog, das kleinste aber nur 2 Quentchen; sie lagen über einer elliptisch gestalteten 2,5 franz. Meilen langen und 1 Meile breiten Fläche so vertheilt, dafs im Anfange der Explosion aus der fortbewegten Feuerkugel die meisten und gröfsten Steine herabgefallen waren; am letzteren Orte hatte die Fläche, worauf die Steine gefunden wurden, gleichfalls eine längliche Gestalt, auch lag an der einen Seite derselben in der Richtung, in welcher das

1 Man hat hiergegen eingewandt, dafs irgend ein anderes Land, als Norm angenommen, ein abweichendes Resultat gegeben haben würde. Von grofser Bedeutung ist dieser Einwurf nicht, denn der Grund der gröfseren Zahl kann nur darin liegen, dafs Frankreich überall sehr bevölkert ist und Erscheinungen dieser Art dort sowohl allgemeiner beachtet, als auch schneller bekannt gemacht werden.

2 G. XVI. 222.

Meteor sich bewegt hatte, die gröfste Menge von Steinen[1]. Die sogleich nach ihrem Herabfallen aufgefundenen Massen waren heifs, zuweilen noch glühend, und viele zeigten Spuren von Eindrücken, woraus man schliefsen mufste, dafs sie weich gewesen waren, namentlich färbte der die Rinde bildende schwarze Ueberzug der bei Stannern gefundenen die Hände schwarz und klebte nach Art der Wagenschmiere. Die Tiefe, bis zu welcher die Steine in die Erde eindringen, ist sehr ungleich; am gröfsten war sie bei der am 26. Mai 1751 bei Hradschina im Agramer Comitate herabgefallenen 71 ℔. schweren Eisenmasse und betrug nach der darüber aufgenommenen Urkunde 3 Klafter[2]; der 33 ℔. schwere Stein vom 9. Jan. 1583 zu Castrovillari in Abruzzo drang 3 Ellen tief ein[3], andere weniger tief, bis auf einige Zoll.

4) Eine eigentlich genaue Kenntnifs der äufseren Form und des Aussehns der Meteormassen kann blofs die eigene Anschauung geben, wozu die reiche Sammlung im Mineralien-Cabinette zu Wien das beste Hülfsmittel darbietet, in Ermangelung dessen aber giebt das angezeigte Werk v. Schreibers mit den ausnehmend ähnlichen Zeichnungen der bekanntesten vorhandenen Proben die vollständigste Vorstellung, die sich auf diese Weise erlangen läfst. Die Gestalt der Meteorsteine ist regellos und mannigfaltig verschieden, dennoch aber hat v. Schreibers zuerst wahrgenommen[4] und Chladni nachher bestätigt gefunden, dafs ihnen im Ganzen ein ungleichseitiges, drei- und vierseitiges Prisma und eine mehr oder weniger vollkommene verschobene Pyramide zum Grunde liegt, welcher Typus sich in einigen, zur Trappformation gehörigen, terrestrischen Fossilien wieder findet, die den Meteorsteinen auch in anderer Beziehung ähnlich sind. Die Flächen der Steine sind nur selten fast eben, meistens gebogen und zwar so, dafs der Convexität der einen Seite eine Concavität auf der andern gegenüber steht, woraus hervorzugehn scheint, dafs die

---

1 Beiträge zur Geschichte und Kenntnifs meteorischer Stein- und Metallmassen von C. v. Schreibers. Wien 1820. fol. S. 87. Eine Charte der Umgegend von Stannern versinnlicht die Sache.

2 Stütz Bergbaukunde 1790. Th. II.

3 Tomaso Costo Istoria di Napoli. Venez. 1613. T. III. p. 98.

4 G. XXXI. 52.

Masse in grofse und kleine Stücke getrennt wurde, als die Masse, nach allen Umständen zu schliefsen, sich in einem durch Hitze erweichten Zustande befand und durch die im Innern sich entwickelnden Dämpfe blasenartig ausgedehnt, zuletzt aber zersprengt wurde. An den abgerundeten Ecken treffen meistens drei, selten vier Seiten zusammen. Bei manchen Meteorsteinen, namentlich denen, die viele eckige und kugelige Körper enthalten, zeigen sich kleinere und gröfsere Vertiefungen, oft in grofser Menge, auf der Oberfläche.

5) Alle Meteorsteine (den von Chantonay von 1812 etwa ausgenommen) sind auf ihrer Oberfläche, da wo kein frischer Bruch vorhanden ist, mit einer dünnen schwarzen Rinde überzogen. Nach Chladni und v. Schreibers[1] übersteigt die Dicke derselben 0,25 Linie, ändert also die Gestalt nicht und macht die Oberfläche nicht ebener; sie ist bei verschiedenen Exemplaren, selbst bei solchen, die gemeinschaftlich herabfielen, und an einzelnen Stellen oft sehr ungleich. An den meisten ist sie schwarz und wenig glänzend, an andern schwarzbraun und matt oder etwas glänzend, wie ein Lack, an noch andern schwärzer und matt metallisch glänzend, in welchem Falle sie stärker auf den Magnet wirkt, an einigen ist sie sogar pechartig glänzend, an einigen mehr zusammenhängend, an andern rissig, an manchen Stellen ist sie so hart, dafs sie am Stahl Feuer giebt, an andern, besonders wenn die Steine selbst locker und zerreiblich sind, ist sie weich. Bei einigen Steinen ist etwas von der Rinde selbst in das Innere eingedrungen und insbesondere ist dieses da der Fall, wo sich Risse finden. An einigen Stellen ist die Rinde geadert und blätterförmig, zuweilen zeigt sie sich etwas wulstig, oder es befinden sich an Stellen, wo sie im Ganzen fehlt, einige durch zusammenhängende kleine Kügelchen gebildete Streifen. Nach den Versuchen von v. Scherer[2] und v. Schreibers entsteht eine solche Rinde nicht, wenn man die Masse der Meteorsteine durch einen Brennspiegel oder in der heftigsten Hitze eines Porzellanofens zur Schmelzung bringt, vielmehr wird dann die Substanz rothbraun oder schwarzbraun, statt dafs die natürliche Farbe unter der Rinde die gewöhnliche

1 G. XXXI. 52.
2 G. XXXI. 1 ff.

graue oder gelblichgraue des Innern der Meteorsteine ist. Eine etwas weniges ähnliche Rinde läfst sich erzeugen, wenn man die Oberfläche einige Zeit unter Glas oder unter Kupfer geschmolzen erhält. Beide Gelehrte sind daher der Meinung, die Rinde entstehe durch einen elektrischen Schlag während des Fallens, wodurch blofs ein Theil der Oberfläche geschmolzen werde, ohne dafs die Erhitzung sich der ganzen Masse mittheile oder eine eigentliche Oxydation während der kurzen Dauer dieses Processes statt finde. Chladni dagegen stellt zwar die Mitwirkung der Elektricität nicht in Abrede, meint aber, die Rinde entstehe hauptsächlich durch Hinzukommen von geschmolzenem Schwefel mit etwas Eisen und Kohlenstoff von aufsen, welche Substanzen während der Erhitzung am leichtesten aus der Masse verdampften; es dürfte aber schwer seyn, sich eine klare Vorstellung davon zu machen, wie diese Bestandtheile erst durch Verdampfung sich von der Gesammtmasse trennen und dann zum Theil als Rinde sie wieder überziehn sollten, ein anderer Ursprung derselben ist jedoch ganz undenkbar. Dabei verdient aber hauptsächlich berücksichtigt zu werden, dafs die Rinde häufig anfangs weich, abfärbend und schmierig gefunden wurde. Minder bedeutend scheint mir zu seyn, dafs bei einigen Meteorsteinen mindestens stellenweise ein doppelter Rinden-Ueberzug vorhanden ist.

6) Die Meteorsteine haben eine gewisse eigenthümliche Beschaffenheit, wodurch sie sich von allen irdischen Fossilien unterscheiden, aber dennoch zeigen sie eine so grofse Verschiedenheit unter einander, dafs Chladni es für schwierig hält, ihren allgemeinen Charakter anzugeben. Nach diesem erfahrensten Kenner derselben bestehn sie gewöhnlich aus einem heller oder dunkler grauen Cemente, worin sich gediegenes Eisen in Puncten oder Zacken, Schwefeleisen in Puncten oder in gröfseren runden, eckigen und länglichen Stücken, braune Flecke von Eisenoxyd, kleinere oder gröfsere runde und ovale Körner einer härteren Steinart, kleine Massen einer weifsen erdigen Substanz, die Kalk- oder Thonerde zu seyn scheinen, kleine Theilchen, die mit Feldspath, einige auch mit Olivin, Aehnlichkeit haben, eingebacken finden. Da die Steine beim Herabfallen weich und zerreiblich sind, auf jeden Fall in einem höhern Grade, als eine geraume Zeit nachher, wie dieses namentlich bei den unweit Stannern herabgefallenen

sich zeigte, so ist zu verwundern, dafs nicht mehr derselben beschädigt oder stärker zerschlagen, vielmehr nur etwa mit abgestofsenen Ecken oder flachen Eindrücken, gefunden wurden. Scherer[1] findet die Ursache hiervon in einer abstofsenden Kraft der ihnen eigenen Elektricität, allein diese Hypothese bedarf wohl keiner Widerlegung. Ein grofser Theil des Wunderbaren fällt weg, wenn man berücksichtigt, dafs die meisten Meteorsteine auf lockeres Erdreich fielen, manche zerschellte Stücke aber eben deswegen nicht aufgefunden wurden, weil sie alsdann unkenntlich waren, und vielleicht ist leichte Zerreiblichkeit gleich nach dem Entstehn so sehr ihre Eigenschaft, dafs nur die weich auffallenden erhalten worden sind; denn die tief in die Erde eingedrungenen waren Metallmassen. Der Widerstand der Luft kann so sehr nicht in Anschlag kommen, da sie viel specifisch schwerer sind und mindestens aus gleicher Höhe herabfallen, als die Hagelkörner, die häufig stark zerschlagen werden, wohl aber ist die geneigte Richtung ihres Fallens, die sie beim Zerplatzen annehmen und die schon aus dem weiten Raume, über welchen sie zerstreuet liegen, hervorgeht, sehr in Anschlag zu bringen. Die Dichtigkeit der Steine ist sehr verschieden, einige sind so locker, dafs sich Luft hindurchblasen läfst und sie das Wasser begierig aufsaugen, andere sind sehr fest, noch nie aber, mit Ausnahme des von Chantonay (1812), sind Höhlungen oder Blasenräume darin gefunden worden. Das *spec. Gewicht* ist im Mittel ungefähr 3,5 und wechselt mit der Dichtigkeit und der ungleichen Menge des darin eingeschlossenen Eisens. Am geringsten war es bei dem von Alais (1806), nämlich nur 1,94, am stärksten bei dem von Tabor (1753), nämlich 4,28, bei den von Stannern schwankte es zwischen 2,95 und 3,16. Ebenso ist die Wirkung auf den Magnet verschieden und hängt von der Menge und der Oxydation des eingeschlossenen Eisens ab.

7) Das nickelhaltige Eisen, welches einen vorzüglichen Bestandtheil der Meteorsteine ausmacht, findet sich in denselben als rundliche Körner oder regellose Stückchen, es giebt aber aufserdem noch bedeutende Massen von solchem Eisen, welche gewifs oder ihrer Beschaffenheit nach zu schliefsen gleichfalls meteorischen Ursprungs sind. Das vorzüglichste

---

1 G. XXXI. 1.

Exemplar solcher gediegenen sogenannten *meteorischen Eisenmassen* ist die sibirische, welche im J. 1749 vom Kosaken Medwedef aufgefunden, von Pallas[1] beschrieben wurde und wovon viele Bruchstücke sich in den Mineralien-Cabinetten befinden, der bedeutende Rest von 1270 ℔. aber der Kaiserl. Akademie zu Petersburg zugehört[2]. Sie ist ein unförmlicher, schwarzbraun glänzender, löcheriger, an vielen Stellen auf der Oberfläche und in Vertiefungen Olivin enthaltender Klumpen zähen, sowohl kalt als auch warm hämmerbaren, gediegenen Eisens, dessen Gewicht 1400 Russ. Pfunde betrug. Die äufsere Gestalt, der grofse Gehalt an Nickel, die Aussage der Tataren und der Umstand, dafs solches Eisen sonst nirgends vorkommt, veranlafsten Chladni, diese Masse für meteorischen Ursprungs zu halten, und die Uebereinstimmung der Beschaffenheit dieses Eisens mit dem in Meteorsteinen gefundenen hat später diese Ansicht bestätigt. Aufserdem giebt es noch verschiedene Massen gediegenen Eisens, die man in Folge darüber vorhandener Nachrichten, hauptsächlich aber wegen ihrer äufseren Gestalt und eines beträchtlichen Antheils von Nickel, für meteorischen Ursprungs hält. Unter die bekanntesten und mindest zweifelhaften gehört vor allen die im J. 1751 am 26. Mai bei Hradschina im Agramer Comitate vor mehreren Augenzeugen vom Himmel gefallene, die sich 71 ℔. schwer im Wiener Naturalien-Cabinette befindet. Der sogenannte verwünschte Burggraf, eine Eisenmasse von 191 ℔. Gewicht, die einem Pferdekopfe ungefähr ähnlich im 14ten oder 15ten Jahrhunderte zu Elbogen in Böhmen vom Himmel gefallen seyn soll und seitdem dort aufbewahrt wurde, befindet sich gleichfalls gröfstentheils, nämlich 150 ℔. derselben, jetzt in Wien[3]. Ferner werden dazu gerechnet die 1814 zu Lenarto im Sárosser Comitate in Ungarn gefundene 194 ℔. schwere Masse[4], die vom Cap der guten Hoffnung, anfänglich gegen 300 ℔. wiegend, wovon der gröfste Theil sich zu Harlem befindet[5] und deren Nickelge-

1 Reisen durch verschiedene Provinzen d. Russ. Reichs. Th. III. S. 411.

2 Poggendorff Ann. XXXVI. 560.

3 G. XLII. 197. XLIV. 103.

4 Eb. XLIX. 181.

5 Natuurkundige Verhandelingen van de Bataafshe Maatschappy der Wetenskapen. T. II. p. 257.

halt namentlich auch durch STROMEYER[1], so wie ein Antheil von Kobalt, nachgewiesen worden ist, mehrere Stücke vom Senegal, in deren einem HOWARD[2] Nickel gefunden hat und deren äufseres Aussehn auf meteorischen Ursprung deutet, die mexicanischen, deren eine 300 bis 400 Centner schwer in der Gegend von Zacatecas oder Durango gefunden worden seyn soll und deren Gefüge entschieden den meteorischen Ursprung andeuten[3], die grofse bei Otumpo in der Provinz Chaco-Gualamba gefundene, auf 300 Centner geschätzte Masse, deren Beschaffenheit, übereinstimmend mit der Eigenthümlichkeit des durchaus von Eisen entblöfsten Fundortes, über ihr Entstehn keinen Zweifel läfst[4], so wie endlich die ungeheure, auf 14000 ℔. geschätzte Masse etwa 50 port. Meilen von Bahia, welche nach WOLLASTON's[5] Beschreibung und Analyse gleichfalls hierher gerechnet werden mufs. Manche nach Wahrscheinlichkeitsgründen gleichfalls meteorische Eisenmassen sind bis jetzt noch nicht hinlänglich genau bekannt, z. B. die von CECILIA CORREDOR auf der Collina de Tocavita bei Sta. Rosa unter 5° 40′ N. B. 73° 20′ W. L. von Gr. auf einer Höhe von 2744 Metern entdeckte[6], zwei in Louisiana unter 32° 20′ N. B. und 97° W. L. gesehene auffallend grofse Stücke[7], eine auf 100000 ℔. geschätzte grofse Masse, die BOUGAINVILLE am Plataflusse gefunden zu haben erzählt[8], und unter

1 G. LVI. 191.

2 Philos. Trans. 1802.

3 Die Nachrichten von SONNENSCHMIDT aus Beschreibung der vorzüglichsten Bergwerksreviere in Mexico oder Neuspanien 1804. S. 192., aus v. HUMBOLDT Essay sur la nouvelle Espagne Chap. 8. p. 293. und aus sonstigen Quellen hat CHLADNI mitgetheilt.

4 Philos. Trans. 1802. Journ. de Phys. T. VI. p. 148. Ann. de Chim. T. V. p. 147. G. XIII. 317. Diese, durch MARTIN DE CELLES in Philos. Trans. 1786. beschriebene Eisenmasse wurde nach Buenos-Ayres gebracht, um Waffen daraus zu schmieden, auch ward wirklich ein Paar Pistolen daraus verfertigt, den Rest aber sandte WOODBINE PARISH nach London in das brittische Museum. Philos. Trans. 1834. p. 53.

5 Philos. Trans. 1816. Schweigger's Journ. Th. XXIII. S. 300.

6 Ann. Chim. et Phys. T. XXV. p. 438.

7 Silliman Amer. Journ. T. III. p. 15. Sie befinden sich jetzt im Museum zu Newyork. S. Edinburgh Journ. of Sc. N. III. p. 188.

8 Schweigger's Journ. Th. IV.

vielen andern selbst Eisen, welches Ross aus der Baffinsbai von dort wohnenden Esquimaux erhielt, dessen Nickelgehalt auf einen solchen Ursprung deutet[1]. Im Jahre 1829 wurde eine 103 ℔. schwere gediegene Eisenmasse zu Bohumiliz in Böhmen beim Pflügen aufgefunden[2]; interessant aber war es, dafs in der Nähe der Südsee, in der peruanischen Wüste Atacama unfern des Hafens Cobija theils einzelne Stücke, theils eine grofse, für anstehend gehaltene, olivinhaltige Eisenmasse gefunden wurde, welche nach Turner's Analyse 11 Procent Nickel und 1 Procent Kobalt enthält und somit für meteorischen Ursprungs gelten mufs[3]. Endlich ist der von Boussingault, Rivero und Boulin auf dem Rücken der Anden gefundene 1600 ℔. schwere Meteorolith entweder ganz oder zum gröfsten Theile Meteoreisen[4]. Auch die unfern von Bahia in Brasilien gefundene, isolirt liegende Kupfermasse[5] von 2000 ℔. Gewicht könnte meteorischen Ursprungs seyn.

Welche Substanzen überhaupt auf diese Weise zur Erde gelangen, ist schwer zu entscheiden. Chladni hat eine Menge Nachrichten gesammelt von herabgefallenem Staube, von Blutregen u. s. w., wobei der Mangel einer genauen Beschreibung ein sicheres Urtheil nicht gestattet. Bei einigen dieser Phänomene, namentlich wenn zugleich zerplatzende Feuerkugeln gesehn wurden, oder bei dem Staube, welcher auf ein Schiff im atlantischen Meere niederfiel[6], wird ein meteorischer Ursprung der herabgefallenen Substanzen mindestens höchst wahrscheinlich, und es ist um so weniger ein Grund zum Zweifeln vorhanden, da manche Meteorsteine durch ihre Zerreiblichkeit sich schon der Pulverform nähern. Dafs manche solche herabgefallene Substanzen Blut genannt werden, glaubt Chladni auf oxydirtes Eisen, etwa mit Schwefel und Kohlenstoff verbunden, deuten zu dürfen. Der Nachricht[7] von einer im J. 1438 bei Burgos herabgefallenen schaumartigen Masse scheint

---

1 Journ. of Science. N. XII. p. 369.

2 Jahrbücher des Böhmischen Museums. Th. I. Hft. II.

3 Edinb. Phil. Trans. T. XI. p. 223. Poggendorff Ann. XIV. p. 469.

4 Philos. Magazine. T. LXV. p. 304.

5 G. LIX. 170.

6 Mém. de l'Acad. 1719. hist. p. 23.

7 Proust in Journ. de Phys. T. LX. p. 188.

gleichfalls etwas Wahres zum Grunde zu liegen, sehr problematisch aber und manchen Zweifeln unterworfen ist die Erzählung des MARTIN SCHERB[1], dafs unweit Heidelberg mit einer Feuerkugel eine schlammartige, chemisch nicht näher untersuchte Substanz herabgefallen sey, weil der Berichterstatter versäumte, sogleich nach der Beobachtung die herabgefallene Masse aufzusuchen. Uebrigens sind die Nachrichten von schleimigen Stoffen, die vom Himmel herabgefallen oder namentlich nach Sternschnuppen gefunden worden seyn sollen, obgleich in vielen Fällen Froschlaich oder sonstige thierische und vegetabilische Bestandtheile fälschlich dafür gehalten wurden[2], so zahlreich und tragen mitunter so auffallend alle Kennzeichen der Wahrheit, dafs sie nicht blofs Beachtung verdienen, sondern auch bei der Ungewifsheit, welche Stoffe auf diese Weise zur Erde gelangen können, nicht ohne Weiteres verworfen werden dürfen. Am merkwürdigsten ist, dafs bei dem aufserordentlichen Phänomene der zahlreichen Sternschnuppen am 13. Nov. 1833 in America[3] von fünf verschiedenen Orten her das Herabfallen schaum-, gallert- und eiweifsartiger Substanzen gemeldet wurde, was nach POGGENDORFF vielleicht durch einige Bekanntschaft der Beobachter mit dem herrschenden Volksglauben an eine solche Sternschnuppenmasse veranlafst worden seyn könnte, womit jedoch der Zusatz, dafs die Substanzen durch Wärme zerflossen und durch Verdampfung verschwunden seyen, im Widerspruche steht. Auch zu Amherst in Massachusets soll am 13. Aug. 1819 eine schaumartige Masse vom Himmel gefallen seyn[4], am beachtenswerthesten aber ist die, alle Zeichen der lautersten Wahrheit an sich tragende Erzählung von KOCH[5], welcher die Sternschnuppe von bläulichem Lichte zuerst sah, dann das Rauschen des herabfallenden Körpers hörte und sogleich die herabgefallene gallertartige Masse fand, welche mit einem schwefelleberartigen Geruche zerflofs und wovon ein in sein Tuch eingewickelter mitgenommener Theil am andern Morgen gänzlich verdunstet

1 G. LXVI. 329.

2 Vergl. RUD. BRANDES über solche Substanzen in Schweigg. Journ. Th. XLIX. S. 389.

3 Poggendorff Ann. XXXIII. 204.

4 Ann. Chim. et Phys. T. XIX. p. 67.

5 oggendorff Ann. XXXVI. 315.

war, dabei aber seinem Rocke einen nachdauernden phosphorischen Geruch mitgetheilt hatte. Dagegen ist die in Rufsland herabgefallene papierartige Substanz, nach allen von GROTTHUSS[1] genau angegebenen Umständen zu urtheilen, ohne Zweifel meteorischen Ursprungs, obgleich dieselbe kein Nickel enthält[2].

8) Eine deutliche Vorstellung von der Gestalt und Farbe, von der Zusammenfügung der Bestandtheile und der eigenthümlichen Beschaffenheit der sie bedeckenden Rinde erhält man blofs durch eigene Anschauung. Man hat jedoch die Sache durch Zeichnungen zu versinnlichen gesucht, weil nicht ein jeder Gelegenheit hat, diese interessanten Gebilde an den Orten, wo sie aufbewahrt werden, selbst zu sehen. Die genauesten Zeichnungen der interessantesten Massen dieser Art, die den Haupttypus dieser Gebilde am deutlichsten zeigen, hat v. SCHREIBERS[3] geliefert, und damit auch unser Atlas mindestens Einiges zur Versinnlichung der Sache darbiete, entlehne
Fig. 273. ich aus jenem Werke einige verkleinerte Figuren. Der Stein von Tabor, welcher 1753 ungefähr 30 Schritte von einem Beobachter herabfiel, die Erde nur wenig auflockerte, sogleich aufgenommen und der Ortsobrigkeit abgeliefert wurde, wog 5 ℔. Er ist noch ganz, durchaus mit Rinde überzogen, die blofs an einigen Stellen abgestofsen oder abgebrochen wurde, und er zeigt also diejenige Gestalt am deutlichsten, welche diese Steine zu haben pflegen. Die Rinde ist ziemlich gleichförmig über alle Flächen vertheilt und gleicht derjenigen vollkommen, die bei Steinen von gleichen Bestandtheilen gefunden wird, nämlich von schwärzlich brauner, an einigen Stellen mit Eisengrau und Ochergelb wechselnder Farbe, von mattem, nur stellenweise metallischem Glanze, meistens glatt, nur mitunter etwas runzelig, mit vielen eingestreuten eisengrauen, metallisch glänzenden Puncten oder Stellen, deren Dicke $\frac{1}{12}$ bis $\frac{2}{12}$ Lin. beträgt. Der Steinregen bei Aigle ist vorzüglich wichtig wegen der aufserordentlichen Menge der herabgefallenen Steine,

---

1 Schweigg. Journ. XXVI. S. 332. Scherer Allgem. Nord. Ann. Th. IV. S. 50.

2 Allgem. Nord. Ann. Th. VII. S. 209.

3 Beiträge zur Geschichte und Kenntnifs meteorischer Stein- und Metallmassen. Wien 1820. fol.

wovon sich Exemplare fast in allen bedeutendern Mineralsammlungen befinden. Einen von den gröſseren stellt die Zeichnung dar. Er ist ganz, gleicht daher in seiner Form dem vorigen, die Rinde bedeckt ihn ganz, ist aber an einigen Stellen abgestoſsen und die eine Ecke des Steines ist abgebrochen. Seine Oberfläche ist sehr uneben und gekrümmt, der Durchmesser der beiden Endflächen beträgt 3 und 2,5 Zoll, die Höhe fast 2,5 Zoll. Seine Rinde gleicht sehr der des vorigen, nur ist sie etwas glatter, mehr narbig als aderig und etwas lichter braun mit mehr gelblichen und bräunlichen Ocherflecken, aber fast ohne Spur von gediegenem Eisen; ihre Dicke ist geringer, aber an Härte und Wirkung auf den Magnet kommt sie der des Taborer Steines vollkommen gleich. Nur wenig unter seiner natürlichen Gröſse ist der Stein von Stannern dargestellt. Derselbe ist ganz, wiegt 5 Loth 1 Qt., bildet eine unvollkommene dreiseitige Pyramide, die sich jedoch, wenn man die Eindrückungen berücksichtigt, der allgemeinen Form dieser Mineralkörper nähert. Er ist überall mit Rinde überzogen, die von zart-aderiger Beschaffenheit an Stellen, wo der obere Theil abgesprungen ist, etwas matter erscheint, im Ganzen aber seidenartig glänzt, von schimmernder, beinahe kohlschwarzer Farbe. An einigen Stellen, wo die Rinde dünner aufliegt, ist sie weniger aderig und runzlig, als vielmehr aus lauter einzelnen Puncten bestehend, auſserdem finden sich Spuren von eingedrückter Erde, welches schlieſsen läſst, daſs er in noch weichem Zustande niedergefallen sey. Das kenntliche aderige Gefüge der Rinde zeigt sich an einigen Flächen fast aller bei Stannern gefundenen Steine vorherrschend, bei einigen andern Steinen, z. B. dem von Charsonville, ist es so ausgezeichnet, daſs selbst einige dicke, schwarze Adern, meistens von abnehmender Dicke, über die ganze Fläche hinlaufen.

Fig. 274.

Fig. 275.

Das Eisen der meteorischen gediegenen Eisenmassen läſst sich ohne weitere Zubereitung in nicht zu groſser Hitze schmieden. Seine äuſsere zackige, mit vielen Vertiefungen versehene Gestalt läſst sich nicht gut durch Zeichnung darstellen, und verlangt man zugleich einen Ausdruck der eingesprengten Olivin-Körner, so erfordert dieses farbige Figuren. Uebrigens scheinen sie nicht, wie die Meteorsteine, eine gewisse regelmäſsige Gestalt zu haben, sondern unter verschiedenen regel-

losen Formen vorzukommen. Sehr interessant aber ist ein ihnen eigenthümlich zugehöriges Gefüge, welches vorzüglich v. Schreibers und v. Widmanstädten in ihnen entdeckt haben. Werden nämlich Stücke solcher Massen geschliffen, so kommen beim Anfangen des Polirens dem bloſsen Auge nur bei schräg auffallendem Lichte kaum sichtbare Streifen von gröſserer und geringerer Breite zum Vorschein, die gröſstentheils geradlinig und in verschiedenen Winkeln sich durchkreuzend, einige aber auch krummlinig hinlaufen. Läſst man ein solches Stück nach vollendeter Politur, wodurch sie dem Auge verschwinden, durch Hitze anlaufen, so erhält es nicht, wie gewöhnliches Eisen oder Stahl, eine gleichmäſsige Farbe, sondern die erwähnten Streifen und die durch diese eingeschlossenen Theile erscheinen in verschiedenen Farben, nämlich die Streifen purpurroth ins Blaue, die Zwischenfelder bald aus dem Blauen, bald aus dem Rothen ins Goldgelbe sich verlaufend, die Ränder und Einfassungslinien aber rein goldgelb und die zwischenliegende körnig-bröckelige Substanz von etwas matterer, ins Messinggelbe fallender Farbe. Vollkommen sichtbar aber wird dieses Gefüge, wenn man die eben geschliffene und ganz horizontal gestellte Fläche umher mit Wachs einfaſst, mit Salpetersäure, die vorher mit zwei oder drei Theilen Wasser verdünnt wurde, übergieſst und diese einige Zeit auf das Metall einwirken läſst. Schon nach kurzer, durch die Stärke der Säure bedingter Zeit erscheinen die Streifen matt, von licht stahlgrauer Farbe, die Zwischenfelder dagegen gleichfalls matt, aber doch mit einigem Schimmer von ihrem Rande, ziemlich dunkel und eisengrau, die Ränder beider von einer gemeinschaftlichen zarten Linie eingefaſst, die bei schräger Richtung und bei Wendungen durch eine silberweiſse Farbe und starken spiegelnden Glanz sich auszeichnet. Zugleich zeigt sich noch eine andere metallische Substanz in gröſseren oder kleineren Klüften, oft in sehr zarten Rissen, aus einzelnen kleinen, bröckelig oder feinkörnig angehäuften Partieen bestehend, von ziemlich starkem Glanze und silberweiſser oder zinkgrauer Farbe, auf welche die Säure etwas weniger als auf die übrige Masse eingewirkt zu haben scheint. Bei fortgesetzter Einwirkung der Säure erscheinen diese einzelnen Theile des Gefüges nicht nur deutlicher, sondern jene Streifen am tiefsten, die Zwischenfelder weniger tief,

die Einfassungslinien und die Massen der eingesprengten bröckeligen Substanz aber am erhabensten, und bald wird die ungleiche Vertiefung so stark, dafs sich die Platte nach aufgetragener Druckerschwärze abdrucken läfst, indem die erhabensten Stellen sich am stärksten, die minder erhabenen aber weniger stark abdrucken, die vertieften aber ganz weifs bleiben. Hierdurch erhält man nicht blofs ein Bild solcher geätzten Platten, sondern auch eine getreue Darstellung des solchen Massen eigenthümlichen Gefüges. Letzteres findet sich bei allen Eisenmassen, die nach überwiegenden Gründen meteorischen Ursprungs sind, und auch selbst bei solchen Stücken des in Meteorsteinen eingesprengten Eisens, die für diese Probe hinlängliche Gröfse haben. Dagegen fehlt es bei einigen auch wegen mangelnden Nickels problematischen Stücken, z. B. bei den zu Aachen, Mailand, Cilly, Kamsdorf, Florak und an andern Orten gefundenen, deren Ursprung aus Gründen der Oertlichkeit räthselhaft ist. Inzwischen fehlt es auch bei einigen durch ihren Nickelgehalt den meteorischen beigezählten Massen, z. B. bei denen vom Cap und aus Peru, bei denen durch Aetzung die Figuren nicht zu erzeugen waren. Manches oder fast alles künstliche Roheisen zeigt übrigens, wenn nicht ein gleiches, doch ein ähnliches Gefüge, welches sich jedoch durch Aetzung, mindestens nicht gleich vollkommen darstellen läfst. Es ist sehr interessant, dafs v. Widmanstädten die gröfste Fläche der Eisenmasse von Elbogen auf diese Weise eben geschliffen, geätzt und unmittelbar zum Abdrucke benutzt hat, wodurch man eine sehr deutliche Vorstellung des eigenthümlichen Gefüges erhält. Einen Theil des hiervon gegebenen Abdruckes, ungefähr den zwanzigsten, blofs das obere Ende, stellt die Zeichnung getreu nachgebildet dar. Im Gan- Fig. 276.
zen sind die übrigen Theile der Fläche wenig hiervon verschieden und es wechseln auch dort, wie hier, die feineren und gröberen Vertiefungen, letztere in einzelnen gröfseren oder kleineren Gruppen, mit einander ab. Die verschiedene Richtung der Streifen, die grofsentheils parallel laufen, aber auch in kleineren und gröfseren Winkeln sich schneiden, die ungleiche Breite der Vertiefungen, die weifs erscheinen, ist für sich klar und bedarf keiner Beschreibung, auch versteht sich von selbst, dafs bei längere Zeit fortgesetzter Aetzung dünner Blättchen, wobei man den Aufgufs der Säure mehrmals er-

neuern und vorher die Reste der Säure und das entstandene Oxyd mit einem Pinsel und Wasser fortschaffen muſs, die vertieften Stellen ganz durchgefressen werden, so daſs dann nur noch die Streifen oder vielmehr deren Einfassungsleisten unter sich zusammenhängen. Auch nach einer solchen tieferen Aetzung, wie sie zum Behuf des Abdruckens erfordert wird, zeichnen sich die ungleich erhabenen Theile auch durch Verschiedenheit der Färbung aus. Eine kleine Platte von der Agramer Eisenmasse wurde gleichfalls durch v. WIDMANSTÄDTEN geätzt und zwar nicht unmittelbar als Stereotyp abgedruckt, aber doch in einer getreuen Zeichnung dargestellt.
Fig. Man sieht, daſs im Ganzen das Gefüge dem vorigen ähnlich
277. ist, indem sich die erhabenen Streifen von den Vertiefungen unterscheiden und die Einfassungsleisten der ersteren theils nahe parallel, theils in verschiedenen Winkeln sich schneidend erscheinen; einiger Unterschied ist jedoch allerdings wahrnehmbar, den das Auge besser erkennt, als er sich beschreiben läſst. Ebenso wie in der Form zeigt sich auch nach v. SCHREIBERS in der Farbe bei beiden Exemplaren einige Verschiedenheit und ebendieses ist der Fall bei einem gleichfalls geätzten Plättchen des Eisens von Lenarto und des aus Mexico, wovon im angezeigten Werke gleichfalls Zeichnungen mitgetheilt sind. Der Haupttypus ist bei allen, mindestens bei den bisher geätzten Proben derselben gleich und die Abweichungen sind mehr oder minder auffallend, so daſs unter andern die von Lenarto und Elbogen sich mehr gleichen und wiederum die von Agram und Mexico.

9) Die Bestandtheile der Meteorsteine sind im Ganzen bei allen ziemlich dieselben, zeigen jedoch bedeutende sowohl quantitative als auch qualitative Unterschiede. Eisen und Kieselerde sind am reichlichsten darin enthalten, auſserdem aber verschiedene andere Substanzen, namentlich Talkerde, Nickel, Chrom, Schwefel, Kalk, Thon, Mangan, selten etwas Natron oder Kali, Kohlenstoff, Wasser, Salzsäure und vielleicht noch andere Substanzen in so geringer Menge, daſs die Chemie sie bis jetzt nicht aufzufinden vermochte. Aus leicht begreiflichen Ursachen haben viele Chemiker diese merkwürdigen Erzeugnisse untersucht, z. B. THÉNARD[1] die von

1 Mém. de l'Inst. T. VII. p. 224.

Aigle, Klaproth[1] den von Juchnow, Wardex[2] den von Weston, Moser[3] die von Stannern, Vauquelin[4] die von Orleans, Scherer[5] den von Doroninsk, Stromeyer[6] die von Köstritz und Erxleben, Laugier[7] die von Jüvenas und Jonzac, Grotthuss[8] die von Lipna und Dünaburg, Webster[9] den von Nobleborough, Laugier[10] den von Lipna und Zaborczyka, Berzelius[11] den in Macedonien gefallenen, Laugier[12] das Meteoreisen von Brahin im Districte Rzieczyka-Minsk und Holger[13] das Meteoreisen von Lenarto und Agram, worin sich, aufser den in der Tabelle angegebenen Bestandtheilen, im ersteren noch 3,59, im letzteren aber 1,26 Procent Kobalt fanden. Zur leichtern Uebersicht habe ich die Resultate dieser Analysen in nachfolgender Tabelle zusammengestellt.

---

1 Gehlen's Journ. Th. I. Hft. I. Mehrere Analysen dieses Chemikers findet man in den Berlin. Denkschr. von 1803.

2 Journ. de Phys. T. LXX. p. 424. G. XLII. 210.

3 G. XXIX. 324.

4 Bulletin de la Soc. philom. 1810. Sept.

5 Mém. de l'Acad. de Petersb. T. VI. p. 46.

6 G. XLII. 105. Gött. gel. Anz. 1820. S. 66.

7 Musée d'Hist. nat. XIII. p. 235. Ann. Chim. phys. T. XIX. p. 269. G. LXXI. 203.

8 G. LXVII. 337. Edinb. Phil. Journ. N. XII. p. 389. Schweigger's Journ. Th. XXIX. S. 511.

9 Amer. Journ. T. VII. p. 170. Kastner Arch. XVII. S. 235.

10 Philos. Magaz. T. LXIII. p. 16.

11 Kastner Archiv. Th. XVII. S. 235. Poggendorff Ann. XVI. 611.

12 Musée d'Hist. nat. 6me Ann. 2me Cah.

13 Wiener Zeitschrift. Th. VII. S. 129.

Meteormassen von	Eisen	Nickel	Schwefel	Kieselerde	Talk	Thon	Kalk	Eisenoxyd	Manganoxyd	Chromoxyd	Natron u. Kali
Aigle	— —	2,000	5,000	46,000	10,000	— —	— —	45,000	— —	— —	— —
Juchnow	17,600	0,400	3,000	38,000	14,250	1,000	0,750	25,000	— —	— —	— —
Weston	— —	— —	2,300	41,000	16,000	1,000	3,000	30,000	1,300	2,300	— —
Stannern	— —	— —	— —	46,250	2,500	7,620	12,120	27,000	0,750	— —	— —
Orleans	25,800	6,000	5,000	38,400	13,600	3,600	4,200	— —	0,600	1,500	— —
Doroninsk	18,500	10,000	8,120	40,500	9,000	3,250	6,250	— —	1,250	2,000	— —
Köstritz	17,490	1,366	2,996	38,057	29,931	3,469	— —	4,896	1,147	0,129	— —
Erxleben	24,415	1,579	2,952	36,320	23,584	1,604	1,922	5,574	0,705	0,246	0,741
Jonzac	— —	— —	1,500	46,000	1,600	6,000	7,500	36,000	2,800	1,000	— —
Jüvenas	— —	— —	0,500	40,000	0,800	10,400	9,200	23,500	6,500	1,000	0,200
Lipna	26,000	2,000	3,500	33,200	10,800	1,300	0,500	22,000	— —	0,700	— —
Dünaburg	26,000	2,000	3,500	33,200	10,800	1,300	0,500	22,000	— —	6,700	— —
Nobleborough	14,900	2,300	18,300	29,500	24,800	4,700	— —	— —	— —	4,000	— —
Lipna	— —	1,500	6,800	34,000	17,000	1,000	0,500	40,000	— —	1,000	— —
Zaborczyka	— —	1,000	4,000	41,000	14,900	0,750	2,000	45,000	— —	0,750	— —
Macedonien	— —	0,100	— —	39,560	26,300	2,700	1,860	18,830	2,400	0,500	3,280
Brahin	87,350	2,500	1,850	6,300	2,100	— —	— —	— —	— —	0,500	— —
	91,500	1,500	1,000	3,000	2,000	— —	— —	— —	— —	— —	— —
Lenarto	85,040	8,120	— —	0,010	0,230	0,770	1,630	— —	0,610	— —	— —
Agram	83,290	11,840	— —	0,680	0,480	1,380	0,430	— —	0,640	— —	0,430

10) Aufser diesen, bereits früher[1] von mir zusammengestellten Analysen giebt es noch viele, von denen ich blofs die wichtigern späteren kurz namhaft mache. Eine genaue Beschreibung des am 9. Sept. 1831 bei Wessely in Mähren gefallenen 6,6 ℔. schweren Steines hat v. Schreibers[2] mitgetheilt und nach v. Holger's[3] Analyse enthielt derselbe 39,39 Thonsilicat; 3,83 Calcium; 7,44 Magnium; 25,36 Eisen; 13,93 Schwefel; 0,32 Alumium; 7,48 Mangan und 2,13 Kobalt. Ebenderselbe fand in den Meteorsteinen von Stannern 48,0 Kieselerde; 27,5 Eisenoxydul; 3,8 Thonerde; 3,4 Kalkerde; 13,5 Manganoxydul; 3,5 Talkerde. Ein zu *Ferrara* am 15. Jan. 1824 gefallener Meteorstein hat zwar die Bestandtheile der übrigen, weicht aber in seiner Aggregatform insofern von ihnen ab, als er ein porphyrartiges und einigen Laven ähnliches Gefüge hat, indem kleine weifse Körnchen in eine schwarze, halbverglaste Masse eingebacken sind. Cordier[4] folgert aus seinem äufsern Habitus, dafs dieser Stein seine Consistenz schon vor seinem Eintritte in die Atmosphäre der Erde gehabt haben müsse und in dieser mit einem geringen Hitzgrade angekommen sey. Nach einer Analyse von Laugier besteht er aus 43 Eisenoxyd; 41,75 Kiesel; 16 Magnesia; 1,5 Chromoxyd; 1,25 Nickeloxyd und 1 Schwefel. Zu Drake's-Creek in Tenessee fielen am 9. Mai 1827 aus einer einzelnen rauchähnlichen Wolke bei ganz heiterm Himmel Meteorsteine und ein anderer am 8. Mai 1829 zu Forsyth in Georgien[5]. Das gröfste Stück des ersteren Falles wog 11 ℔. und enthielt nach der Analyse eines americanischen Chemikers 40 Kieselerde; 2,166 Nickeloxydul; 28,833 Talkerde; 2,466 Thon; 0,833 Chromoxydul; 12,0 Eisen- und 12,2 Eisenoxyd; 2,433 Schwefel; der Verlust beträgt also 4,069. Eine Analyse der krystallinischen Bestandtheile im den Aerolithen hat Rose geliefert[6].

---

1 Handbuch d. Naturlehre. Th. II. S. 530.

2 Zeitschrift für Physik u. verw. Wiss. Th. I. S. 193.

3 Ebend. S. 247.

4 Ann. Chim. Phys. T. XXXIV. p. 140.

5 Silliman Amer. Journ. T. XVII. p. 326. T. XVIII. p. 200. T. XX. p. 388. Ann. Ch. Phys. T. XLV. p. 416.

6 Ann. Chim. Phys. T. XXXI. p. 81.

11) Man hat verschiedene Massen gediegenen Eisens an Orten gefunden, wohin sie auf eine nicht leicht zu entziffernde Weise gekommen seyn müssen, und dieses führte dann zu der Vermuthung, dafs sie meteorischen Ursprungs seyn möchten. Ueber die Wahrscheinlichkeit dieser Hypothese konnte nur ihre chemische Zusammensetzung entscheiden und man nahm daher an, dafs ein Gehalt von Nickel, der sich in erwiesen meteorischen Eisenmassen fand, hierbei als Kennzeichen diene. Klaproth[1] fand nämlich in der sibirischen Eisenmasse 1,5 Procent Nickel, die von Agram, deren Ursprung unzweifelhaft ist, enthält davon nach v. Holger 11,84 Procent, und da nach Klaproth die von Hradschina 3,5; die aus Mexico 3,25; die von Elbogen 2,5 Procent dieses Metalles enthält, so betrachtet man dieses als genügendes Kennzeichen, sie gleichfalls für meteorisch zu halten. Die Eisenmasse von Lenarto enthält nach v. Holger gleichfalls 8,12 Procent Nickel und aufserdem 3,59 Proc. Kobalt, die von Agram aber 1,26 Proc. Kobalt, einen geringen Gehalt dieses letzteren Metalles haben John[2] und Stromeyer[3] auch in dem Capischen und sibirischen Eisen gefunden, in welchem letzteren Laugier[4] auch Chrom und Schwefel fand. Eine grofse von Löber[5] 1762 in Aachen gefundene, auf 15000 ℔. geschätzte, genauer etwa 80 Centner betragende Eisenmasse war man geneigt für Meteoreisen zu halten, allein Monheim[6] fand in 600 Theilen derselben 500,5 Eisen; 90 Arsenik; 4,5 Kieselerde; 3 Kohlenstoff und 2 Schwefel, weswegen sie bei mangelndem Nickel nicht zu dieser Classe gehört.

Auch bei Magdeburg wurde eine Metallmasse aufgefunden, welche Stromeyer[7] für meteorischen Ursprungs hielt

---

1 Beiträge zur chem. Kenntnifs der Mineralkörper. Th. IV. S. 98. 101. Th. VI. S. 306.

2 Dessen chemische Untersuchungen. Th. V. S. 284. G. LVII. p. 119.

3 G. LVI. 191.

4 Mém. du Musée d'Hist. Nat. T. III. p. 341. Bullet. philom. 1823. p. 86.

5 Chladni a. a. O. S. 346.

6 Schweigger's Journ. Th. XVI. S. 196.

7 Schweigger's Neues Jahrb. Th. IV. S. 439. Poggendorff Ann. XXIV. 651. Kastner Archiv. Th. V. S. 238.

und worin er Molybdän gefunden haben wollte, v. SCHREIBERS[1] und WEHRLE[2] erkannten jedoch ihre Unächtheit und STROMEYER[3] erklärte dieselbe später selbst für ein Hüttenproduct, behauptete aber an einem andern Orte[4], 0,1 bis 0,2 Procent Kupfer im problematischen Meteoreisen sey ein ebenso sicheres Kennzeichen seiner Aechtheit, als die bis dahin angenommene Anwesenheit des Nickels. Nach v. HOLGER's Analysen enthält die Elbogener Eisenmasse[5] 94,69 Eisen; 2,47 Nickel; 1,59 Kobalt; 0,19 Alumium; 0,12 Chrom; 0,88 Mangan, die vom Cap der guten Hoffnung[6] 78,9 Eisen; 15,28 Nickel; 1,76 Mangan; 1,41 Calcium; 1,34 Eisen-Carbonid; 1,0 Kobalt; 0,16 Alumium; 0,15 Magnium, die von Bohumiliz[7] 83,67 Eisen; 7,83 Nickel; 0,6 Kobalt; 0,58 Mangan; 1,08 Calcium; 0,1 Glycium; 0,42 Alumium; 0,1 Magnium. Von letzterer Eisenmasse hat auch BERZELIUS[8] eine Analyse mitgetheilt, wonach sie aus 93,124 Eisen; 4,739 Nickel; 0,224 Kobalt und 1,912 unaufgelöstem, schuppigem Rückstande besteht, dessen Bestandtheile 65,977 Eisen; 15,008 Nickel; 2,037 Kiesel; 1,422 Kohlenstoff und 14,023 Phosphor gefunden wurden. Die Abweichung beider Resultate leitet v. HOLGER[9] davon her, dafs BERZELIUS einige Substanzen, namentlich das Glycium nicht eigentlich aufgesucht habe, indefs überzeugte sich BERZELIUS[10] durch eine spätere Untersuchung von der Richtigkeit seiner früheren Bestimmungen. Das Meteoreisen von Louisiana soll aus 90,02 Eisen; 9,674 Nickel; 0,306 Verlust bestehn und also dem von Monte-Rosa fast gleich seyn[11].

---

1 Zeitschrift für Physik u. verw. Wiss. Th. II. S. 1.

2 Ebend. Th. III. S. 168.

3 Schweigger's N. J. Th. VIII. Hft. 2. Poggendorff Ann. XXVIII. 551.

4 Gött. Gel. Anz. 1833. S. 369.

5 Wiener Zeitschr. Th. V. S. 1.

6 Eb. Th. VIII. S. 279.

7 Eb. Th. IX. S. 323.

8 Aus d. Abhandl. der Akad. d. Wiss. zu Stockholm in Zeitschr. für Physik und verw. Wissensch. Th. I. S. 290. Poggendorff Ann. XXVII. 118.

9 Ebend. Th. II. S. 35.

10 Poggendorff Ann. XXXIII. 147.

11 Ann. Chim. Phys. T. XXV. Silliman Amer. Journ. T. XVI. p. 217.

In dem sibirischen Eisen, welches CHILDREN[1] blofs auf die beiden Hauptbestandtheile versuchte, fand er 90,7 Eisen und 9,3 Nickel; FARADAY und STODART stellten eine ähnliche Verbindung künstlich dar; A. WEHRLE[2] endlich folgert aus seinen Analysen der Meteoreisenmassen von Agram, Elbogen, dem Cap und Lenarto, dafs alle blofs aus Eisen mit Nickel und Kobalt bestehn und dafs die beiden letzteren Metalle nach einem unter sich beständigen Mengenverhältnifs darin vorhanden sind.

In den Höhlungen der sibirischen Eisenmasse findet sich Olivin in Menge, und man betrachtet daher die Anwesenheit dieses Körpers als einen Beweis des meteorischen Ursprungs anderer aufgefundener Massen von gediegenem Eisen, da sie hiernach nicht füglich das Erzeugnifs eines Schmelzprocesses in irgend einem frühern Hüttenwerke seyn können. STROMEYER[3] hat diesen Olivin analysirt und gefunden, dafs er aus 38,48 Kieselerde; 48,42 Talkerde; 11,19 Eisenoxydul; 0,34 Manganoxyd; 0,18 Thon besteht, mithin dem gewöhnlichen Olivin und Chrysolith gleichkommt, mit dem Unterschiede, dafs das Eisen in gröfserer Menge in ihm vorhanden ist, Nickel dagegen fehlt. In dem Olivin der Eisenmasse von Otumpo fand derselbe 38,25 Kieselerde; 49,68 Talkerde; 11,75 Eisenoxydul; 0,11 Manganoxyd, in der Eisenmasse von Grimma[4] fand er 61,8 Kieselerde; 25,83 Talkerde; 9,12 Eisenoxydul; 9,31 Manganoxyd und 0,33 Chromoxyd.

12) Bei weitem die gründlichste und umfassendste Untersuchung der Zusammensetzung und der Bestandtheile der meteorischen Mineral-Erzeugnisse hat BERZELIUS[5] nach verschiedenen einzelnen eigenen Vorarbeiten hauptsächlich in der Absicht angestellt, um hieraus einige Entscheidungsgründe über ihren Ursprung zu entnehmen. Die nächste Veranlassung gab

---

1 Journ. of the Royal Inst. T. IX. G. LXVI. 182.

2 Zeitschrift für Physik und verwandte Wissenschaften. Th. III. S. 222.

3 Edinburgh Philos. Journ. N. XXV. p. 187.

4 Vergl. CHLADNI a. a. O. S. 326.

5 Aus Kongl. Vetenskaps Acad. Handl. for 1834. in Poggendorff Ann. XXXIII. 1. u. 113. Eine vorläufige Notiz der Hauptresultate findet man in v. Leonhard u. Bronn Neues Jahrb. f. Mineralogie u. s. w. 1834. Hft. V. S. 530.

die geforderte Analyse des am 25. Nov. 1833 um 6,5 Uhr Abends unweit Blansko in Mähren herabgefallenen Meteorsteines. Nach der mechanischen Zertheilung desselben wurden zuerst die durch den Magnet angezogenen Theile und dann die zurückgebliebenen analysirt; da es aber uns hauptsächlich nur darum zu thun ist, die in diesen Naturereignissen vorhandenen Bestandtheile zu kennen, um so mehr, als Berzelius selbst die Ueberzeugung hegt, dafs die Mengen dieser Gemengtheile in verschiedenen Stücken jenes Steines wechseln, so gebe ich blofs das in mineralischer Hinsicht bemerkenswerthe Resultat. Hiernach besteht dieser Stein aus Nickeleisen, welches Kobalt, Zinn, Kupfer, Schwefel und Phosphor enthält, = 17,15; Silicat von Talkerde und Eisenoxydul, worin Basen und Kieselerde gleich viel Sauerstoff enthalten, nebst etwas Schwefeleisen, = 42,67; Silicat von Talkerde und Eisenoxydul, gemengt mit Silicaten von Alkali, Kalk und Thonerde, worin die Kieselerde doppelt so viel Sauerstoff als die Basen enthält, = 39,43; Chromeisen, verunreinigt mit Zinnstein, = 0,75. Die hierdurch erhaltenen Resultate stimmten genau mit denjenigen überein, welche Berzelius früher bei der Analyse des Meteorsteins aus Macedonien und des Meteoreisens aus Böhmen erhalten hatte, dieses veranlafste daher die Frage: ob alle Meteorsteine Gemenge von Nickeleisen und Schwefeleisen mit in Säuren löslichen Silicaten von Talkerde und Eisenoxydul und in Säuren unlöslichen Silicaten von Talkerde, Thonerde und Alkali, nebst Chromeisen und Zinnstein, ob ferner alle stets zinnhaltig und gemengt mit Phosphorverbindungen seyen, und dieses veranlafste ihn dann zu weiteren Analysen anderer Meteorsteine. Zunächst wählte er den am 5. August 1812 nicht weit von Chantonnay im Departement de la Vendée gefallenen, welcher, so wie der von Blansko, in 51,12 durch Säuren zersetzbare und 48,88 durch Säuren nicht zersetzbare Bestandtheile zerfiel. Hundert Theile der ersteren gaben 32,607 Kieselerde; 34,357 Talkerde; 28,801 Eisenoxydul; 0,821 Manganoxydul; 0,456 Nickeloxyd, verunreinigt mit Zinn- und Kupferoxyd; 0,977 Natron und Kali; 1,971 Verlust. Hundert Theile der letzteren gaben 56,252 Kieselerde; 20,396 Talkerde; 3,106 Kalk; 9,723 Eisenoxydul; 0,690 Manganoxydul; 0,138 Nickeloxyd mit Zinn- und Kupferoxyd; 6,025 Thonerde; 1,000 Natron; 0,512 Kali; 1,100

Chromeisen; 1,070 Verlust. Ungeachtet der Verschiedenheit im Ansehn findet sich also dennoch eine ausnehmende Gleichheit der Bestandtheile beider Meteorsteine. Der dritte analysirte Stein war der am 13. Dec. 1813 zu Lontalax in Finnland gefallene. Hierbei betrug der in Säuren und kohlensaurem Natron nicht lösliche Antheil 6,37 Procent und hinterliefs, mit Fluorwasserstoffsäure behandelt, 0,0127 des ganzen Quantums ungelöst, welches aus Chromeisen mit etwas Zinnoxyd bestand, während das Gelöste Talkerde, Kalk, Eisenoxydul, Thonerde und Manganoxydul in ähnlicher Zusammensetzung als bei den übrigen Meteorsteinen war; der in Säuren und kohlensaurem Natron lösliche Theil enthielt in Procenten 37,411 Kieselerde; 32,922 Talkerde; 28,611 Eisenoxydul; 0,793 Manganoxydul; 0,264 Thonerde und eine Spur von Kupferoxyd, Zinnoxyd, Kali und Natrum. Der vierten Analyse wurde ein Theil der bei St. Etienne de Lolm und bei Valence unweit Alais am 15. März 1806 herabgefallenen Meteorsteine, wovon der letztere einen Ast von einem Feigenbaume abschlug, unterworfen. Der Stein gehört zu den merkwürdigsten, denn er ist weich, mit den Fingern zerreiblich, zeigt mit dem Nagel gerieben einen thonartigen Fettglanz, zerfällt im Wasser und wird zum Theil darin gelöst; er enthält Wasser, ohne dafs sich jedoch bestimmen läfst, ob dieses ursprünglich darin vorhanden war oder aus der Luft durch die enthaltenen Salze aufgesogen wurde, am wichtigsten aber ist das Vorhandenseyn einer durch Wasser ausziehbaren organischen Substanz, deren eigentliche Beschaffenheit Berzelius nicht näher zu ermitteln vermochte. Das zurückbleibende, mit Wasser ausgelaugte Steinpulver enthielt übrigens die nämlichen Bestandtheile, als die gewöhnlichen Meteorsteine, namentlich die charakteristischen, als metallisches Eisen, Schwefeleisen nebst den Oxyden von Nickel, Kobalt, Zinn, Kupfer und Chrom, aufserdem Kieselerde, Talkerde, Kalk, Thonerde und Manganoxydul. Berzelius hält diesen Stein demnach für einen Erdklumpen, welcher zeigt, dafs die Bergarten in seiner Heimath durch einen geologischen Procefs in Erde verwandelt wurden, wie es auf unserm Planeten der Fall ist.

Auch das sibirische Meteoreisen wurde einer sorgfältigen Analyse unterworfen. Der metallische Theil, durch Hämmern von allem Olivin befreit, bestand aus 88,012 Eisen;

10,732 Nickel; 0,455 Kobalt; 0,050 Magnesium; 0,132 Mangan; 0,066 Zinn und Kupfer; 0,043 Kohle; einer Spur von Schwefel und 0,480 unlöslichem Rückstande. Letzterer ist die nämliche Phosphorverbindung, welche Berzelius schon bei dem Meteoreisen von Bohumiliz gefunden hatte. In Königswasser gelöst und gehörig zerlegt enthielt er 48,67 Eisen; 18,33 Nickel; 9,66 Magnesium; 18,47 Phosphor; der Verlust betrug 4,87. Zur Analyse des Olivins wurde ein gröfseres Stück dieses Minerals genommen, welches aus der zu Upsala befindlichen Stufe von Pallas-Eisen früher herausgefallen war. Als Bestandtheile erhielt Berzelius, mit Walmstedt's früherer Analyse[1] sehr genau übereinstimmend, 40,86 Kieselerde; 47,35 Talkerde; 11,72 Eisenoxydul; 0,43 Manganoxydul; 0,17 Zinnoxyd. Auch die Elbogener Eisenmasse wurde analysirt. Bei der Auflösung in Salzsäure fiel ein schwarzes Pulver und ein unlöslicher, aus Flittern bestehender Rückstand nieder, am ähnlichsten dem beim Bohumilizer Meteoreisen erhaltenen, und betrug 2,211 Procente des Ganzen. Aufser diesem enthielt der gelöste Antheil 88,231 Eisen; 8,517 Nickel; 0,762 Kobalt; 0,279 Magnesium und eine Spur von Schwefel und Mangan, die ungelösten Phosphormetalle bestanden aus 68,11 Eisen; 17,72 Nickel und Magnesium; 14,17 Phosphor.

13) Aus diesen Analysen folgert Berzelius, dafs die Meteorsteine Bergarten sind, gemengt aus folgenden Mineralien in variirenden Verhältnissen:

1) *Gediegenes Eisen*, welches in den Meteoreisenmassen den überwiegendsten Antheil bildet, weswegen sie nicht zerspringen. Das Eisen ist gemengt mit Nickel, zugleich aber findet sich eine chemische Verbindung beider Metalle, die sich schwerer in Säuren löst und daher beim Aetzen die bekannten Widmanstädten'schen Figuren liefert, indem auf einer solchen geätzten und dann polirten Fläche das Eisen dunkelblau, die Legirung mit Nickel brandgelb anläuft. Aufserdem enthält das Eisen kleine Quantitäten von Kobalt, Magnesium, Mangan, Zinn, Kupfer, Schwefel und Kohle, zuweilen auch eine Spur von Phosphor. Die in Säuren unlöslichen Phosphormetalle fallen theils als ein schwarzes Pulver nieder,

1 Kongl. Vetensk. Acad. Handl. f. 1824. p. 361. Poggendorff Ann. IV. 198.

welches in Sauerstoffgas verbrennt und eine geringe Spur von Kohlensäure giebt, obgleich die eigentliche Verbrennung den Metallen und dem Phosphor angehört, theils als Krystalle, die ohne Zweifel Phosphorate von Eisen, Nickel und Magnesium in bestimmten Verhältnissen sind, deren eigentliche Zusammensetzung aber noch genauer ermittelt werden muſs.

2) *Schwefel-Eisen*, vermuthlich aus 1 Atom jedes Bestandtheiles bestehend, woraus seine geringe magnetische Polarität und die Heftigkeit seiner Zersetzung durch Säuren unter Entwickelung von Schwefelwasserstoffgas erklärlich wird. Sehr wahrscheinlich schlieſst das Schwefeleisen ein wenig Schwefelnickel und Schwefelkupfer ein, allein aus den bisherigen Analysen folgt dieses nicht und eine Analyse dieser Verbindung, wie sie im Meteoreisen vorkommt, ist daher noch ein Desiderat.

3) *Magneteisenstein.* Zwar ist das Eisen in den Meteorsteinen hauptsächlich regulinisch und im Minimum der Oxydation vorhanden, aber dennoch findet sich bestimmt Eisenoxyduloxyd in dem Meteorsteine von Lontalax und Alais, in dem ersteren als einziger, dem Magnete folgsamer Bestandtheil, in dem letzteren mit einer geringen Menge gediegenen Eisens vermengt. Auch in den übrigen Meteorsteinen ist diese Substanz wahrscheinlich in höchst fein vertheiltem Zustande vorhanden.

4) *Meteor-Olivin*, welcher dem auf unserer Erde sonst vorkommenden vollkommen gleicht und ungefähr die Hälfte von dem ausmacht, was nach Ausziehung der magnetischen Bestandtheile zurückbleibt. Die kleinen Quantitäten des darin gefundenen Kali und Natron gehören ihm entweder ursprünglich an, oder sind eine Probe der beginnenden Zersetzung des unlöslichen Minerals. Ebendieses gilt von dem geringen Thongehalt, aber bemerkenswerth ist, daſs er fast nie Kalk enthält.

5) *In Säuren unlösliche Silicate von Talkerde, Kalk, Eisenoxydul, Manganoxydul, Thonerde, Kali* und *Natron*, in denen der Sauerstoff der Kieselerde das Doppelte des der Basen ist. Die schwarze Rinde auf den Meteorsteinen ist Folge der Schmelzbarkeit ihrer Silicate, welche auch dazu beitragen, den für sich unschmelzbaren Olivin in Fluſs zu bringen. Wenn die Meteorsteine aus tellurischem Olivin und

Pyroxen gebildet wären, müfste ihre Farbe grün oder durch höhere Oxydation des enthaltenen Eisens kohlschwarz seyn, woraus erhellt, dafs die geschmolzene schwarze Kruste erst in der Atmosphäre der Erde entstanden ist.

6) *Chromeisen*, dessen Menge zwar sehr gering ist, jedoch fehlt es nie in den Meteorsteinen.

7) *Zinn*, welches theils im gediegenen Eisen enthalten, theils als Zinnoxyd neben Chromeisen darin vertheilt ist. Letzteres enthält etwas Kupfer; ob es aber, wie das tellurische, auch Eisen- und Mangan-Oxydul enthalte, konnte nicht ausgemittelt werden.

Berzelius meint, dafs ein noch weiteres genaues Studium der Meteorsteine in Zukunft noch mehrere Bestandtheile derselben bekannt machen würde. Aufserdem findet er sie, als Mineralien betrachtet, von den tellurischen wesentlich verschieden, indem sie sich durch den Reichthum an Talkerde, die Seltenheit der Kieselerde und den unbedeutenden Gehalt an Silicaten von Thonerde und Alkali auszeichnen. Nach ihrer Feinkörnigkeit und dem geringen Zusammenhange ihrer Textur könnten sie mit den Producten der Erdvulcane verglichen werden, allein man findet sie häufig mit Rissen versehn und diese mehrentheils mit einer dunklern Steinmasse ausgefüllt, welches auf eine langsamere und ruhigere Bildungsweise deutet[1]. Der enthaltene Olivin ist kein Beweis eines vulcanischen Ursprungs, denn er findet sich in den Höhlungen tellurischer vulcanischer Producte, weil er als unschmelzbar mit diesen Massen nicht zusammenschmolz, in den Meteorsteinen ist er dagegen gleichmäfsig mit den übrigen Bestandtheilen gemengt. Die erdige Beschaffenheit des Steines von Alais betrachtet Berzelius als einen Beweis, dafs in der ursprünglichen Heimath dieses Steines Bergarten in Erde zerfielen, und aus seinem Gehalte an Salzen folgert er, dafs dort kein Wasser war, welches sonst diese weggewaschen haben würde, oder dafs das vorhandene Wasser diese Salze in sich enthielt, der kohlehaltige Stoff desselben scheint ihm jedoch keine vorhandene Vegetation zu beweisen, wohl aber sein lockeres Gefüge

1 Dieser Folgerung dürften nicht alle beistimmen; denn so gut die Rinde sich schnell auf der Oberfläche erzeugt, kann sie auch in diesen Spalten entstehn.

die Abwesenheit eines Schmelzprocesses. Die Meteorsteine haben im Allgemeinen die nämliche Beschaffenheit, blofs drei derselben, von Stannern, Jonzac und Alais, unter sich höchst ähnlich, weichen von den übrigen so sehr ab, dafs sie aus einer andern Heimath abstammen müssen. Sie haben kein gediegenes Eisen, sind ein Aggregat von deutlich unterscheidbaren Mineralien und enthalten nur eine unbedeutende Quantität von Talkerdesilicat, dagegen aber, aufser etwas Schwefeleisen, Silicate von Kalk, Thonerde und Eisenoxydul, auch Chrom. Nach G. Rose[1] sind sie wahrscheinlich Gemenge von Labrador und Pyroxen, nebst etwas nickelfreiem Magnetkies. An einfachen Stoffen enthalten die sämmtlichen, bis jetzt bekannten, meteorischen Gebilde: 1) Sauerstoff als Bestandtheil der Metalloxyde und Erden; 2) Wasserstoff in der organischen Substanz des Steines von Alais; 3) Schwefel im Schwefeleisen und der schwefelsauren Thonerde; 4) Phosphor in den Flittern, welche bei der Auflösung des Meteoreisens in Salzsäure und Schwefelsäure niederfallen; 5) Kohle im Meteoreisen und in der unbekannten Substanz des Steines von Alais; 6) Kiesel in den Silicaten; 7) Chrom als einziges elektronegatives Metall, von Laugier aufgefunden, welches ihnen jedoch wesentlich angehört; 8) Kalium hat Vauquelin zuerst gefunden; 9) Natrium, durch Stromeyer zuerst wahrgenommen; 10) Calcium; 11) Magnium; 12) Aluminium machen als Oxyde gewöhnliche Bestandtheile der Meteorsteine aus; 13) Eisen; 14) Mangan; 15) Nickel durch Howard entdeckt, 16) Kobalt durch Stromeyer, 17) Kupfer durch Laugier, 18) Zinn durch v. Holger und Berzelius, im Ganzen also 18 einfache Körper.

13) Nach Vergewisserung der Thatsache von wirklich aus der Atmosphäre herabgefallenen Stein- und Metallmassen mufste nothwendig die Frage allgemeines Interesse erregen, auf welche Weise ein so seltsames und anscheinend widernatürliches Phänomen mit bekannten Naturgesetzen in Einklang zu bringen sey. Vier Hypothesen sind über den Ursprung derselben aufgestellt worden, von denen drei bis auf die neuesten Zeiten herab lebhafte Vertheidiger fanden, während die eine sofort als unhaltbar allgemein verworfen wurde.

---

1 Poggendorff Ann. IV. 173.

1) Es ist bereits oben (§. 1.) erwähnt worden, dafs J. A. de Luc und dessen Bruder die Thatsache des Herabfallens solcher Steinmassen vom Himmel als der Natur zuwider für unmöglich erklärten und die sibirische Eisenmasse sowohl, als auch andere auf die Erde gefallene Mineralkörper für Auswürflinge von Vulcanen ansahn [1]. Olbers [2] hielt anfangs gleichfalls die bei Siena herabgefallenen Steine für Auswürflinge des Vesuvs, welcher 18 Stunden vor der Zeit des Niederfallens derselben den von Hamilton beschriebenen furchtbaren Ausbruch zeigte, und sonach schien ihm die Wurfkraft des Berges grofs genug, um diese Steine 60 Stunden weit, bis Siena hin, zu schleudern. Eine genauere Berechnung des Luftwiderstandes zeigt jedoch, dafs eine solche Entfernung nicht einmal durch eiserne oder bleierne Kugeln, geschweige denn durch die specifisch leichteren Meteorsteine zu erreichen ist, zudem sind Meteorsteine in solchen Entfernungen von Vulcanen wirklich niedergefallen, dafs jeder Zusammenhang zwischen beiden als ganz unmöglich erscheint. Es bedurfte indefs für Olbers dieser Argumente nicht, vielmehr gab er selbst die Hypothese sofort wieder auf, als Howard's Analysen und Beschreibungen dargethan hatten, dafs die Meteorsteine keine Erzeugnisse tellurischer Vulcane seyn könnten, und seitdem darf man diese Erklärungsart als beseitigt betrachten.

2) Sehr viele Vertheidiger hat die Hypothese gefunden, dafs die Meteorsteine, gleich dem Hagel, aus mineralischen Dämpfen gebildet würden. Das Vorhandenseyn solcher Substanzen in der Atmosphäre glaubte man kaum nachweisen zu müssen, da das Aufsteigen derselben aus Hohöfen und Hüttenwerken sattsam bekannt sey, eine Vereinigung derselben zu bedeutenden Massen aber ebenso gut möglich seyn müsse, als die des Wasserdampfes zu centnerschweren Hagelklumpen. Manche nahmen dabei ihre Zuflucht zur Elektricität, was jedoch keine Beachtung verdient, so lange die eigenthümliche Wirkungsart dieser Potenz bei dieser speciellen Bildung nicht näher bezeichnet wird. J. T. Mayer [3] äufserte diese Hypothese

1 Abrégé de principes et de faits concern. la Cosmologie. Brunsw. 1803. p. 97.

2 Mon. Corr. Th. VI. S. 148. Vergl. Lichtenberg verm. Schriften. Th. VII. S. 352.

3 Lehrbuch der phys. Astronomie. S. 334

im Allgemeinen, DIRUF[1] behandelte sie ausführlich, jedoch gewahrt man bald, dafs ihm zur genügenden Begründung derselben die erforderlichen physikalischen Kenntnisse mangeln, auch an FREYGANG[2] fand sie einen Vertheidiger und nicht minder an WREDE[3]. Dieser wendet gegen den lunarischen Ursprung derselben ein: 1) dafs ein 110 ℔. schwerer Körper, welcher aus der Anziehungssphäre des Mondes in die der Erde gelangen und auf letztere fallen soll, beider Abstand zu 58,9 Erdhalbmessern angenommen und den Widerstand der Luft nach L. EULER berechnet, eine Endgeschwindigkeit von 3096,3 Fufs erlangen und nach Vergleichung mit Bomben nach Versuchen 114 Fufs tief einschlagen müfste; 2) dafs sie die Hitze nicht vom Monde mitbringen könnten, weil sie 5 Tage 22 Stunden 14 Min. 19 Secunden Zeit zum Fallen gebrauchen und sich während dieser Zeit abkühlen würden. Dagegen beseitigt WREDE einen gegen diese Hypothese gemachten Einwurf, nämlich dafs die Steine vom Monde aus nicht in so hohe nördliche Breiten geschleudert werden könnten, indem er zeigt, wie diese Folgerung auf der falschen Voraussetzung eines lothrechten Fallens zwischen den Mittelpuncten beider Himmelskörper beruhe. Seiner Ansicht nach sind die Meteorsteine tellurischen Ursprungs, ohne dafs er jedoch die Art ihres Entstehens genau angiebt. Die Meteorsteine hält er für verschieden von den Sternschnuppen, wie es überhaupt verschiedene Arten von Feuerkugeln geben soll, indem diejenigen, welche keine Meteorsteine liefern, für atmosphärischen Ursprungs, die Meteorsteine aber entweder für vulcanisch oder für meteorisch gelten müssen. Zur Unterstützung ihres vulcanischen Ursprungs berechnet er, dafs die Dämpfe in Vulcanen nach G. G. SCHMIDT's Formel eine Anfangsgeschwindigkeit von 2,3 Meile in einer Secunde zu erzeugen vermögen, und also nach Abzug von 1 Meile für den Widerstand der Luft bis 375 geogr. Meilen, bei 10000 Fufs Anfangsgeschwindigkeit aber bis 67,6 Meilen Entfernung geschleudert werden könnten. Ein Argument zur Unterstützung der Hy-

1 Ideen zur Naturerklärung der Meteor- oder Luftsteine. Gött. 1805.

2 Gedanken über die Luftsteine. Gött. 1804.

3 Neue Schriften d. Ges. Naturf. Freunde. Th. IV. S. 290. Im Auszuge in G. XIV. 55.

pothese vom atmosphärischen Ursprunge der Meteorsteine fand WREDE[1] in einem angeblichen Versuche von BEAUFORT[2], welcher aus einem Gemenge von Wasserstoffgas, aus Eisenfeilicht und verdünnter Schwefelsäure bereitet, mit Kohlendampf, Schwefelgas und Staube von Kalk und Erde vereint, vermittelst starker elektrischer Funken ein metallisches Kügelchen gewonnen zu haben angab. PATRIN[3], nachdem er die Wahrheit des Herabfallens von Meteorsteinen lange Zeit bestritten hatte, erklärte ihren Ursprung aus einer Assimilation der unter Dampfform in der Atmosphäre vorhandenen metallischen und erdigen Stoffe. Im Ganzen stimmt hiermit die Ansicht v. HAHN's[4] überein, auch ist FISCHER[5] ein Anhänger derselben, und insbesondere hat IZARN[6] diese Hypothese durch eine Menge hochtrabender Worte mehr in eine dunkle Form gebracht, als aus klar gedachten physikalischen Principien entwickelt. Ferner können noch SEGUIN[7], SOLDANI[8], SALVERTE[9] und BAUMGARTNER[10] als Anhänger dieser Hypothese genannt werden, deren Zahl sich noch bedeutend vermehren liefse, wenn es sich der Mühe lohnte, die verschiedenen, über diesen Gegenstand geäufserten Meinungen aufzusuchen. RUHLAND[11] prüft die bei diesen Meteoren beobachteten Erscheinungen und gründet darauf die Folgerung, dafs alle ihre Bestandtheile in der Luft vorhanden sind, mithin auch leicht vereinigt und unter Mitwirkung der Elektricität in diejenige Form gebracht werden können, unter welcher sie auf die Erde herabzufallen pflegen, wogegen jedoch SCHWEIGGER wohlbegründete Zweifel erhebt. Dagegen meint NICHOLSON[12], wenn die Luft nur bis zur Höhe von 500 Fufs $\frac{1}{1000}$ Eisen

1 Gehlen's N. Journ. Th. I. S. 52.
2 Philos. Magaz. 1802. N. LIV. p. 148.
3 Journ. de Phys. T. LXVIII. p. 401. G. XXXIII. 189.
4 Neue Schriften der Berl. Ges. Naturf. Freunde. Th. II. S. 202.
5 Berliner Denkschriften 1820 u. 21. S. 11.
6 Des pierres tombées du ciel, ou Lithologie atmosphérique cet. Par. 1803. 8.
7 Ann. de Chim. T. LXXXVIII. p. 162.
8 Atti dell' Accademia di Siena. T. IX.
9 Ann. de Chim.
10 Handbuch d. Naturlehre. Wien 1836. S. 846.
11 Schweigg. Journ. Th. VI. 14. XII. 416.
12 Journal of nat. Philos. T. III. p. 256.

und Metall enthalte, so würden über einer Fläche von 10 Acres 3000 ℔. derselben vorhanden seyn, wovon nur ein geringer Theil sich zu präcipitiren brauche, um einen gewaltigen Steinregen zu erzeugen. Auch FISCHER[1] findet keine Hypothese zur Erklärung der Thatsachen genügend, aufser die des tellurischen Ursprungs, die er mit den bekannten Argumenten zu unterstützen sucht.

14) Bei weitem der gewiegteste Vertheidiger der Hypothese vom tellurischen Ursprunge der Meteorsteine ist EGEN[2], welcher die ganze Aufgabe mit specieller Berücksichtigung der Thatsachen und Anwendung wohlbegründeter Naturgesetze behandelt, so dafs es allerdings der Mühe werth ist, eine Uebersicht des Ganges seiner Untersuchung mitzutheilen. Voran stellt er zuerst den Hauptgrund für die Richtigkeit seiner Ansicht, welcher darauf beruht, dafs die Bestandtheile dieser Gebilde ganz den irdischen gleichen, da die übrigen Himmelskörper sich durch uns bekannte Eigenthümlichkeiten, namentlich ihres abweichenden specifischen Gewichtes, so sehr unterscheiden, dafs hierauf die Vermuthung verschiedener Bestandtheile derselben gebaut werden kann. Demnächst prüft er die Gründe, womit diese Hypothese, namentlich durch CHLADNI, bestritten und der kosmische Ursprung dieser Meteorgebilde unterstützt wurde. Gegen das Hauptargument, dafs die hierzu erforderlichen Stoffe in der Atmosphäre nicht gefunden werden, führt er die Erfahrungen von den unermefslichen Quantitäten an, die alljährlich aus den Hohöfen und überhaupt bei technischen Processen in Dampfgestalt emporsteigen, und von den heterogenen Bestandtheilen, die in reinem Wasser vegetirende Pflanzen aus der Luft aufzunehmen pflegen. Einen andern, aus der grofsen Höhe hergenommenen Gegengrund[3] sucht er damit zu beseitigen, dafs er die Thatsache selbst in Zweifel zieht, sofern solche Messungen nicht scharf sind und aus so grofsen Höhen kein Schall gehört

---

1 Edinburgh New Phil. Journ. N. XXXI. p. 75.

2 G. LXXII. 375.

3 Die Feuerkugel vom 31. März 1676. soll in 9,5, die vom 19. März 1719 in 64, die vom 17. Juli 1772 in 5, die vom 18. Aug. 1783 in 12, die vom 11. Sept. 1784 in 9,5, die vom 15. Mai 1811 in 16 bis 18 geogr. Meilen Höhe zerplatzt seyn.

werden könnte. Letzteres hat gewifs viel Wahres, allein wenn zugleich zugegeben wird, dafs die Höhe wirklich gebildeter und Meteorsteine gebender Feuerkugeln so weit reicht, dafs die Luft tausendmal dünner als über der Erde ist und dafs die Bestandtheile dazu aus einem übermäfsig grofsen Raume vereinigt werden müfsten, wenn dieses dann dadurch beseitigt werden soll, dafs das Mariotte'sche Gesetz dort vielleicht nicht statt finde oder der Dampf solcher mineralischer Stoffe wohl so dünn nicht sey, so fühlt der unparteiische Forscher bald, dafs sich die eigentliche Schwäche der Hypothese nicht wohl genügend rechtfertigen lasse. Auch Egen erwähnt das Herabfallen bedeutender Schneemassen, selbst in beträchtlichen Höhen, um daraus die Möglichkeit der Bildung von etliche hundert Pfund schweren Meteorsteinen zu folgern; allein selbst Hagelklumpen von solcher Masse sind noch immer problematisch und es würde die Erklärung ihres Entstehens grofsen Schwierigkeiten unterliegen, falls ihr Herabfallen vom Himmel unzweifelhaft constatirt wäre, ungeachtet selbst auf der Oberfläche eines mit kälterem Wasser gefüllten Glases sofort die Bestandtheile, woraus dieser gebildet werden könnte, in Menge zum Vorschein kommen, statt dafs die feinsten Kunstgriffe der Chemiker die Grundstoffe der Meteorsteine bis jetzt noch nicht aufzufinden vermochten. Allerdings fallen mineralische Substanzen mit dem Regen herab, allein blofs im Anfange nach langer Dürre, und so liegt eben hierin zwar ein Beweis, dafs solche in die Atmosphäre emporsteigen, zugleich aber auch die Nachweisung des Mittels, wodurch diese sich derselben wieder entledigt. Ein Argument für den kosmischen Ursprung der Meteorsteine, welches daraus hergenommen wird, dafs manche Beobachter solche Massen vermittelst der Fernröhre im Weltraume gesehn haben, will Egen durch die Unsicherheit dieser Beobachtungen entkräften, dagegen meint er, der unwidersprechlich entscheidende Beweis für einen tellurischen und gegen einen kosmischen Ursprung liege in der Beschaffenheit ihrer Bahn, welche im ersten Falle ein Kreisbogen, im letzteren ein Bogen doppelter Krümmung seyn müsse, ein Umstand, auf welchen man bisher zu wenig geachtet habe. Um dieser Betrachtung gröfseres Gewicht zu geben, unterwirft Egen den Meteorsteinfall am 3. Juni 1822 zu Angers einer genauern Untersuchung und gelangt zu dem Resultate, dafs

diese zu Angers in SO. und zu Poitiers in NW. gesehene Feuerkugel ungefähr eine Höhe von 7,2 französ. Meilen und eine Geschwindigkeit von 250 bis 400 Fuſs in einer Secunde, bei geringer Neigung ihrer Bahn, gehabt habe.

Egen entnimmt endlich aus den Erfahrungen über die Feuermeteore Folgerungen, die ihn zu dem Schlusse führen, daſs die Meteorsteine nicht kosmischen Ursprungs seyn können, vielmehr einen atmosphärischen haben müssen. Zuerst sind die Feuerkugeln, aus denen Meteorsteine herabfallen, von ihrem ersten Erscheinen an zu wenig beobachtet, weil man erst durch ihren Lichtglanz oder das Getöse beim Zerplatzen auf sie aufmerksam wird, in den meisten Fällen trübte sich jedoch der, wenn gleich ganz heitere, Himmel, es zog sich eine dunkle, auch wohl eine glänzende Wolke zusammen und aus dieser flog das Meteor hervor. War gleich in einigen Fällen die Wolke nur Rauch, welcher die Feuerkugel umhüllte, so konnte sie doch in andern auch wohl die Erzeugerin derselben seyn. So sah man im Oct. 1792 in Schweden rothe Wolken von S. nach N. das Firmament bedecken, sie vereinigten sich zu einer funkensprühenden Feuerkugel. Am 2ten Jan. 1756 bemerkte man in Irland gegen Abend eine dem Tagslichte nahe kommende Erleuchtung, drei Stunden später einen hellen Lichtstreifen, welcher 16 Minuten lang in wallender Bewegung mit mancherlei Farben spielte, bis das Meteor explodirte und verschwand. Am 12. Nov. 1799 durchkreuzten sich Lichtstreifen, die sich später in eine wärmebringende Feuerkugel zusammenzogen, und am 21. Mai 1808 erblickte man nach ungewöhnlicher Finsterniſs erst helle Flammen, die zwei Feuersäulen bildeten, aus denen sich auf ihrem Zuge die Feuerkugel gestaltete. Die Feuerkugel, die in der Nacht zum 3. Januar 1810 in der Schweiz gesehn wurde, beobachtete man zuerst zu Bern als schlangenförmiges Lichtmeteor, welches sich dann zur Kugel zusammenzog. Zu Perigeux sah man am 10. April 1812 gen Süden einen Lichtschein und in dessen Mitte einen leuchtenden Punct, in welchen sich das Ganze concentrirte und dann eine Feuerkugel von der Gröſse des Mondes bildete. Dr. Nieuwenhuis sah am 23. Aug. 1812 einen rothen Lichtgürtel, doppelt so breit als der Vollmond; dieser wechselte Gestalt und Farbe, es entstand in ihm eine Feuerkugel, welche ausgeworfen wurde und

wieder in ihn zurücktrat. Einige Fischer sahen am 17. April 1817 am Rhein und am 10. Mai 1820 zu Andernach in einer Lichtwolke eine Feuerkugel entstehn; ebenso beobachtete man an 20. Juli 1820 zu Brünn einen hellen Lichtstreifen, welcher zunehmend heller heraufstieg, bis er sich zu einer glanzvollen Feuerkugel zusammenballte, und zu Neuhausen bei Landshut zog sich am 8. Febr. 1822 ein dunkelrother Schein am Himmel in eine feurige Kugel zusammen.

Absichtlich habe ich diese Thatsachen sämmtlich mitgetheilt, um den Hauptgrund, worauf die Vertheidiger des atmosphärischen Ursprungs der Meteorsteine ihre Hypothese stützen, nicht zu schwächen. Sie lassen sich leicht noch vermehren. Unter andern sah auch Kotzebue[1] am 13. Sept. 1825 zu Hanaruro auf den Sandwich-Inseln aus einer Wolke zwei 15 ℔. schwere Meteorsteine herabfallen. Der Himmel war ganz heiter und die dicke schwarze Wolke berührte mit ihrem untersten Rande einige der hohen Bergspitzen. Es war gänzliche Windstille, aber plötzlich erhob sich aus NO. ein heftiger Sturm, und gleichzeitig entstand in der Wolke das starke Krachen, welches einige Minuten anhielt. Nach Egen's Ansicht soll also eine unter Lichtentwickelung thätige Naturkraft die in den obern Regionen der Atmosphäre schwebenden Theilchen der Meteormassen vereinigen und diese ihre Vereinigung bewirkenden Kräfte sollen ihnen dann zugleich eine Bewegung ertheilen, deren Richtung von der der Schwere verschieden ist. Könne diese Vereinigung nicht im Bereiche der Atmosphäre statt finden, so sey dieses noch weniger im Weltraume möglich, wo es sonst früher geschehn müsse, als das Zwischentreten der Lufttheilchen es hindere, und ebenso müsse die Bewegung der lockeren Masse, wenn diese auch im Himmelsraume statt fände, durch das Eintauchen in den Luftkreis aufgehoben werden. Bei der Bildung der Meteorsteine soll die Elektricität mitwirkende Potenz seyn, jedoch ist Egen in den physikalischen Gesetzen zu sehr bewandert, als dafs er sich hierüber nicht mit gröfserer Behutsamkeit äufsern sollte, als andere der Sache Unkundige, die geradezu alles Unerklärliche den Wirkungen dieser Potenz zuschreiben, um, wie er richtig bemerkt, das Dunkle aus dem Dunkeln zu erklären.

---

1 Dessen Reisen. Th. II. S. 189.

Nur im Allgemeinen deutet er daher die Aehnlichkeit an, die allerdings zwischen den meteorischen Feuerkugeln und zwischen denen statt findet, welche häufig bei Gewittern Gegenstände treffen, auf sie herabfallen und sie nach Art wirklicher Blitzschläge zerstören, ohne irgend eine Spur einer vorhandenen Masse zurückzulassen. Hiernach, meint er dann ferner, ließen sich die zahlreichen Sternschnuppen, deren Menge oft in einer Nacht allzugroſs ist, als daſs man sie insgesammt für Erzeugnisse kosmischer Materie halten könne, die gröſseren Feuerkugeln und die den Gewittern zugehörigen als gleichartige, bloſs verschieden modificirte, elektrische Erscheinungen betrachten, von denen einige die wässerigen Erzeugnisse aus den untern Regionen, namentlich im Hagel, andere die mineralischen aus den obern Theilen des Luftkreises begleiten. Demzufolge muſs das Erscheinen der Feuerkugeln und ihr zahlreicheres Vorkommen auch mit andern Naturphänomenen, namentlich Stürmen und Erdbeben, verbunden seyn, wogegen es allzu abentheuerlich seyn würde, die letzteren groſsartigen Erscheinungen als Erzeugnisse einer, den winzigen kosmischen Massen der Meteorsteine inwohnenden, besondern Kraft zu betrachten. Auch einige mechanische Wirkungen der Feuermeteore sollen zu der Annahme ihrer Bewegung im freien Raume mit Wahrscheinlichkeit und mit Gewiſsheit nicht passen. Dahin gehört zuerst die plötzliche Wärme, die bei manchen Feuerkugeln, z. B. bei der vom 4. Mai 1759, vom 13. Juni 1763, vom 12. Nov. 1799, vom 5. April 1800, vom 8. Nov. 1813 und vom 27. Apr. 1817, beobachtet wurde, die von einer Compression der Luft nicht herrühren kann, weil sonst gleichzeitig heftiger Sturm entstehn müſste, und die vielmehr von mächtigen Naturkräften erzeugt werden muſs, wie wir sie nach der Analogie der den Gewittern vorausgehenden Schwüle in der Elektricität mit Wahrscheinlichkeit vielleicht finden können. Die Detonationen beim Zerplatzen der Feuerkugeln sind so stark und mit so heftigen Erschütterungen verbunden, daſs selbst die Explosion der 40000 ℔. Schieſspulver zu Leyden sie nicht erreichte und bloſs die Getöse der Vulcane sie übertreffen, was dann abermals auf die Wirksamkeit mächtiger Naturkräfte deutet. Bei 2 Feuerkugeln, der vom 8. Jan. 1648 und der vom 12. Juli 1820, die den Meteorsteinfall bei Dünaburg gab, hat man beobachtet,

dafs sich ihre zersprengten Theile wieder vereinigten. Dieses kann unmöglich vom Widerstande der Luft abgeleitet werden, da weder vulcanische Auswürflinge, noch auch Kanonenkugeln jemals wieder von der Luft zurückgeworfen wurden, und scheint vielmehr die Wirkung abstofsender und anziehender Kräfte zu seyn, welche die Kugel auf ihrem ganzen Wege umspielen und von denen auch die verschiedenen Gestalten abhängen mögen, die ihren wenigstens beim Explodiren schon festen Kern als leuchtende Hülle umgeben. Ebendiese müssen auch die Bewegung der Meteorsteine bedingen, weil sie sonst im Fallen sich mehr der senkrechten nähern oder tiefer einschlagen müfsten; denn ihre Geschwindigkeit ist gar nicht bedeutend, da die Bruchstücke bei l'Aigle und Stannern, ungeachtet sie in einer Höhe von mehr als einer Lieue zerplatzten, doch nur über eine elliptische Fläche von etwa einer Lieue verbreitet lagen, mithin nur etwa eine halbe Lieue weit fortgeschleudert seyn konnten. Dahin gehört dann auch das Abweichen aus ihrer Bahn und selbst eine sprungweise erfolgende Bewegung zur Seite und aufwärts, zu deren Erklärung die gewöhnlichen bewegenden Kräfte nicht genügen, indem vielmehr andere wirksam seyn müssen, die zugleich auch bei der Vereinigung der Meteorsteinmassen thätig sind. Den vorzüglichsten Beweis gegen einen kosmischen Ursprung der Meteorsteine findet Egen in der Projection ihrer Bahn. Die Feuerkugeln, mögen sie Meteorsteine geben oder nicht, erscheinen ohne bestimmte Regel zu allen Tags- und Jahreszeiten und bewegen sich in willkürlichen Richtungen. Wären diese Meteore kosmisch, so müfsten sie entweder unserm Sonnensysteme angehören und sich in einer durch dessen Schwerpunct gehenden Ebene bewegen, oder frei im Weltraume schweben, und dann wäre ihre relative Bewegung die Resultante ihrer eigenen und der Bewegung unserer Erde, zu deren Berechnung jedoch unsere Hülfsmittel nicht ausreichen. Im erstern Falle aber müssen die Bahnen der Feuerkugeln die Bahn der Erde schneiden, wenn sie auf dieselbe herabfallen sollen, und da Letzteres nur bei denen statt finden kann, die aus ihrer Bahn gänzlich abgelenkt werden, so müssen bis zu 230 geogr. Meilen von der Oberfläche der Erde an ebenso viele Feuerkugeln nach einer Störung ihrer Bahn sich wieder von der Erde entfernen, als auf sie herabfallen. Setzt man den Durch-

messer der Feuerkugeln auf 0,25 geogr. Meilen, so sind sie bis 800 Meilen Höhe bei einem scheinbaren Durchmesser von 1 Minute noch sichtbar, und da nach v. Schreibers sich jährlich über der ganzen Erde etwa 2500 Meteorsteinfälle ereignen, so müfste der Weltraum im eigentlichsten Sinne von ihnen erfüllt seyn, wobei es unbegreiflich bleibt, dafs ihrer nicht mehr gesehn werden. Da man die Rotation der Erde, die nur $\frac{1}{67}$ ihrer Bewegung im Raume beträgt und unter höheren Breiten verschwindend ist, vernachlässigen kann, so müssen aus Rücksichten auf die Bewegung der Erde im Weltraume von den Feuerkugeln am Morgen verhältnifsmäfsig viele auf die Erde herabfallen, von denen am Abend dagegen verhältnifsmäfsig viele sich wieder von der Erde entfernen, die den Mittagsstunden angehörenden müssen eine östliche und die mitternächtlichen eine westliche Richtung haben, welches alles den Erfahrungen nicht angemessen ist.

Die hier mitgetheilten Betrachtungen enthalten ohne Zweifel das Wichtigste, was sich mit Grunde gegen die Hypothese eines kosmischen und für die eines tellurischen Ursprungs der Meteorsteine sagen läfst. Nur solche gründliche Untersuchungen verdienen nähere Beachtung, die man nicht wohl blofs oberflächlichen Behauptungen, z. B. von v. Scherer[1], zuwenden kann, wonach die Meteorsteine losgerissene Stücke der Mondberge seyn sollen, die durch die Wirkung eines elektrischen Actes in den Zustand gekommen sind, in welchem wir sie finden. Ausführlicher und gründlicher, jedoch ungenügend rücksichtlich der in Anspruch genommenen wirksamen Potenz ist die Hypothese von Butler[2], nach dessen Ansicht diese Gebilde aus den Dämpfen in der oberen Luftregion vermittelst der Einwirkung des Magnetismus erzeugt werden sollen.

15) Nach einer dritten Hypothese, welche gleichfalls viele Anhänger gefunden hat und neuerdings durch einen der berühmtesten Gelehrten vertheidigt worden ist, sollen die Meteorsteine aus Mondvulcanen herstammen, weswegen man sie auch Mondsteine genannt hat. Olbers[3] war der erste, der diese

---

1 Oken's Isis. 1833. Hft. IV. bis VI. S. 481.

2 Froriep Notizen. 1830. N. 575. Aus Trans. of the Asiatic Soc. Auch in Monthly Magaz. New Ser. T. VIII. p. 111.

3 Mon. Corr. Th. VII. S. 149. Im Auszuge in G. XIV. 38.

Idee im Jahre 1793 bei Gelegenheit einer Vorlesung im Museum zu Bremen auf Veranlassung des so eben bekannt gewordenen Steinfalles zu Siena äufserte, jedoch nur als ein in sich nichts Widersprechendes enthaltendes Problem, dafs Massen von andern Weltkörpern, namentlich vom Monde, ausgeworfen und durch hinlängliche Wurfkraft bewegt allerdings zur Erde gelangen könnten. Die Möglichkeit hiervon wies er blofs unter der Bedingung nach, dafs beide Weltkörper sich in Ruhe befänden, und unter den vielen späteren Lösungen dieses Problems verdient wohl diese früheste hier mitgetheilt zu werden, da alle folgende auf den nämlichen Grundsätzen beruhn und blofs etwas verschiedene Gröfsen zum Grunde legen. Die Aufgabe an sich ist leicht zu übersehn. Jeder lothrecht von der Erde durch Wurfkräfte emporgeschleuderte Körper würde nicht wieder auf dieselbe zurückfallen, wenn seine Bewegung so stark wäre, dafs die ihr entgegenwirkende Schwere sie nicht zu zerstören vermöchte, bis er an einen Ort gelangte, wo er, von einem andern Weltkörper stärker angezogen, auf diesen herabfallen müfste. Da die Anziehung der Weltkörper sich direct wie ihre Massen und umgekehrt wie das Quadrat der Entfernungen verhält, so sey die Masse der Erde $= T$, die des Mondes $= L$; der Abstand beider $= a$; der Halbmesser der Erde $= r$; der des Mondes $= \varrho$; die Entfernung von der Erde, wohin ein Körper kommen mufs, damit die Anziehung des Mondes auf ihn gröfser werde, als die der Erde $= x$, mithin vom Monde aus $= a - x$. In diesem Puncte wirkt die Anziehung der Erde auf ihn mit einer Kraft $= \frac{T}{x^2}$, der Mond mit einer $= \frac{L}{(a-x)^2}$, wodurch die Bewegung des von der Erde emporgeschleuderten Körpers vermehrt wird. Beide müssen einander aufheben, wenn der Körper zwischen ihnen zum Stillstande kommen soll, jedoch da es blofs um eine relative Bewegung zu thun ist, so darf die letztere um so viel geringer seyn, als womit die Erde selbst vom Monde angezogen wird, nämlich um die Grösse $\frac{L}{a^2}$, mithin ist die ganze, die Bewegung des Körpers vermehrende Kraft $= \frac{L}{(a-x)^2} - \frac{L}{a^2}$. Es sey dann die Geschwindigkeit, womit der Körper in x anlangt, $= v$, so ist, da

dem Differential der Zeit ein Differential dieser Geschwindigkeit zugehört,

$$dv = -\frac{T\,dt}{x^2} + \frac{L\,dt}{(a-x)^2} - \frac{L\,dt}{a^2}.$$

und da $dt = \frac{dx}{v}$ ist, so wird

$$v\,dv = -\frac{T\,dx}{x^2} + \frac{L\,dx}{(a-x)^2} - \frac{L\,dx}{a^2},$$

also integrirt

$$\tfrac{1}{2}v^2 = \frac{T}{x} + \frac{L}{a-x} - \frac{Lx}{a^2} + \text{Const.}$$

Um die Constante zu bestimmen, dient der Satz, dafs für $x = r$ oder auf der Oberfläche der Erde $v = c$ oder die Geschwindigkeit, welche ein Körper auf der Oberfläche der Erde durch ihre Anziehung erhält, eine bestimmte Gröfse ist, und man erhält dann

$$\text{Const.} = \tfrac{1}{2}c^2 - \frac{T}{r} - \frac{L}{a-r} + \frac{Lr}{a^2},$$

mithin ist

$$\tfrac{1}{2}v^2 = \tfrac{1}{2}c^2 - \frac{x-r}{xr}T + \frac{x-r}{(a-x)(a-r)}L - \frac{x-r}{a^2}L.$$

Nehmen wir an, der Mond habe gar keinen Einflufs auf den geworfenen Körper oder L sey $= 0$, so erhalten wir

$$\tfrac{1}{2}v^2 = \tfrac{1}{2}c^2 - \frac{x-r}{xr}T.$$

Hiernach bleibt v so lange möglich, als das, was rechter Hand ist, einen positiven Werth behält oder so lange $\tfrac{1}{2}c^2 > \frac{x-r}{xr}T$ ist. Setzt man x unendlich, so wird $\frac{x-r}{xr}T = \frac{T}{r}$, und ein Körper wird also nie auf die Erde zurückfallen, wenn seine verticale Geschwindigkeit gröfser ist, als $\sqrt{\frac{2T}{r}}$. Die Schwere an der Oberfläche der Erde ist aber $= \frac{T}{r^2}$ und hierdurch erhält er eine Geschwindigkeit $= 2g$, wenn g den Raum bezeichnet, durch welchen er in einer Secunde lothrecht herabfällt, und da die Kräfte durch die Geschwindigkeiten ausgedrückt werden können, so ist $T = 2gr$ und die Geschwin-

digkeit, womit ein vertical von der Erde geworfener Körper sich ins Unendliche fortbewegen wird, $c = 2\sqrt{rg}$. Setzt man hierin $r = 3269093$ Toisen und $g = 15{,}114$ Fuſs, so wird $c = 34435{,}7$ Fuſs, womit ein Körper geworfen, ohne Rücksicht auf den Widerstand der Luft, nie wieder zur Erde zurückkehren würde. Eine solche Kraft kann durch kein ballistisches Mittel erreicht werden, und wenn auch die der Vulcane noch so groſs angenommen wird, so würde dennoch der Widerstand der Luft den Erfolg unmöglich machen. Der Mond dagegen ist viel kleiner und hat keine Atmosphäre, die auf ihm erforderliche Wurfkraft darf daher geringer seyn; ein Ausdruck für dieselbe läſst sich aber leicht finden, wenn man den Buchstaben L statt T in der gefundenen Formel setzt und statt r den Halbmesser des Mondes $\varrho = \frac{3}{11} r$ nimmt. Es ist aber $L = \frac{T}{68{,}5}$, und wenn daher die Fallgeschwindigkeit auf dem Monde $= 2g'$ genannt wird, so ist

$$2g' = \frac{2g}{68{,}5} \times \left(\frac{11}{3}\right)^2,$$

also

$$L = 2g'\varrho^2 = \frac{2gr^2}{68{,}5},$$

mithin für den Mond ist $c' = 2\sqrt{\left(\frac{gr \times 11}{205{,}5}\right)} = 7967{,}08$ Fuſs.

Der vom Monde ausgeworfene Körper wird aber von ihm und der Erde gleich stark angezogen, wenn $x : a - x = \sqrt{T} : \sqrt{L}$, woraus

$$x = \frac{a\sqrt{T}}{\sqrt{T} + \sqrt{L}}.$$

Nimmt man in der Erdnähe $a = 56r$ und für L den oben angegebenen Werth, so wird

$$x = 49{,}964r \text{ und } a - x = 6{,}036r = 22{,}13\,\varrho.$$

Entfernt sich also ein Körper in der Richtung nach der Erde bis zu 22,13 Mondhalbmessern von diesem Trabanten, so fällt er nicht wieder auf denselben zurück, sondern folgt der stärkeren Anziehung der Erde. Hierdurch wird die gefundene Anfangsgeschwindigkeit um $\sqrt{\frac{1}{22{,}13}}$ geringer und wir erhalten

$$c'' = c' \sqrt{\left(1 - \frac{1}{22,13}\right)} = 7967,08 \sqrt{\frac{21,13}{22,13}} = 7785 \text{ Fuſs.}$$

Die Erde zieht aber den Körper gleich anfangs an und die erforderliche Geschwindigkeit wird hierdurch verringert. Nennt man sie c''' und wird der Abstand beider Himmelskörper $= a$ in Halbmessern des Mondes ausgedrückt, so ist nach den obigen Formeln

$$c''' = c'' - \frac{21,13}{(a-22,13)(a-1)} \cdot \frac{T}{c''} + \frac{21,13}{a^2} \cdot \frac{T}{c''} = 7780,16 \text{ Fuſs,}$$

welches als die geringste Anfangsgeschwindigkeit betrachtet werden muſs, womit ein vom Monde aus geworfener Körper aus der Anziehungssphäre des Mondes in die stärkere der Erde gelangen und auf diese herabfallen kann.

16) Wurfkräfte von einer solchen Stärke, als hierzu erfordert werden, hielt Olbers auf dem Monde für möglich, falls es dort Vulcane von gleicher Beschaffenheit giebt, als auf unserer Erde, und somit wäre also die Möglichkeit, aber auch bloſs diese, erwiesen, daſs Auswürflinge dieses Trabanten auf unserer Erde anlangen könnten. Als auch La Place[1] im J. 1802 äuſserte, Steine vom Monde würden auf die Erde gelangen können, wenn sie mit einer fünf- bis sechsmal so groſsen Anfangsgeschwindigkeit, als die unserer Geschütze, fortgeschleudert würden, und eine so groſse Kraft werde auch bei irdischen Vulcanen getroffen, so gewann diese Hypothese viele Anhänger und mehrere Gelehrte berechneten die hierzu erforderliche Anfangsgeschwindigkeit, die aus leicht begreiflichen Gründen von allen ungefähr gleich groſs gefunden wurde. Joh. T. Mayer[2] findet hierfür 7700 Fuſs, Brandes[3] giebt dafür 8250 an und bemerkt zugleich, daſs sie noch weit gröſser seyn, nämlich über 3 Meilen betragen müsse, wenn die Steine bei ihrer Ankunft auf der Erde die bei Sternschnuppen wirklich beobachtete von 4 Meilen in 1 Secunde ohne das Vorhandenseyn anderweitiger bewegender Kräfte erreichen sollten; Biot[4] berechnet 7771 pariser Fuſs, Pois-

1 Bulletin de la Soc. philom. N. 66 u. 68. Mon. Corr. Th. VI. S. 277.

2 Voigt's Magaz. Th. V. S. 7.

3 Ebend. S. 56.

4 Bulletin des Sciences de la Soc. philom. a. a. O. G. XIII. 358.

son[1] für die Anfangsgeschwindigkeit 7123 par. Fufs, für die Zeit des Fallens 2,657 Tage und für die Endgeschwindigkeit bei der Ankunft auf der Erde ohne den Widerstand der Luft 29562 Fufs in einer Secunde; nach G. G. Schmidt[2] würde die Anfangsgeschwindigkeit im Minimum 5686 par. Fufs und die Endgeschwindigkeit 33765 par. Fufs betragen.

17) Alle diese genannten Gelehrten haben jedoch blofs die Möglichkeit bewiesen, dafs unter der Voraussetzung des Stillstandes beider Himmelskörper durch Wurfkräfte von der angegebenen Intensität Körper vom Monde auf die Erde geschleudert werden könnten, sie sind aber keineswegs der Meinung, dafs die wirklich auf die Erde herabgefallenen Meteorsteine diesen Ursprung haben, eben weil sie am besten einsehn, wie schwer die hierzu erforderlichen Bedingungen bei der gemeinschaftlichen und eigenen Bewegung der Erde und des Mondes statt finden könnten. Inzwischen fand die Hypothese des lunarischen Ursprungs der Meteorolithen viele Anhänger, unter denen Vauquelin[3], welcher diese für die mindest widersinnige hält, de Drée[4], nach dessen Ansicht sie allein den Thatsachen genügt, Prechtl[5] und Fourcroy[6], welcher unter allen andern diese als die passendste betrachtet, genannt werden können. Am ausführlichsten wurde diese Hypothese durch v. Ende[7], welcher die Möglichkeit, dafs Auswürflinge des Mondes auf der Erde ankommen könnten, als durch La Place bewiesen voraussetzt und dann die Wahrscheinlichkeit, dafs dieses wirklich geschehe, aus der Beschaffenheit der Mondsoberfläche ableitet. Dort befinden sich über viermal höhere Berge, als auf unserer Erde, und Einsen-

Biot spricht sich nicht entscheidend über den Ursprung der Meteorsteine aus, meint jedoch, dafs sie der Astronomie angehören, und scheint sich dadurch für den kosmischen Ursprung zu erklären. S. Traité élém. d'Astronomie. T. III. p. 111.

1 Izarn Lithologie atmosphérique. p. 233. G. XV. 329.

2 Handbuch der Naturlehre. Giefs. 1813. S. 176.

3 Izarn a. a. O. p. 253. G. XV. 428.

4 Journ. de Phys. 1803. Jun. p. 428. G. XVIII. 296.

5 G. XX. 314.

6 Ann. du Mus. d'Hist. Nat. T. III. p. 112. G. XVIII. 320.

7 Ueber Massen und Steine, die aus dem Monde auf die Erde gefallen sind. Braunschw. 1804. 4. Im Auszuge in G. XVIII. 298.

kungen, die 3 Meilen im Durchmesser und 18500 Fufs Tiefe haben, die vielen kleinen Krater mit ihren Ringgebirgen deuten an, dafs im Innern des Mondes grofse Kräfte, wodurch die Massen nach aufsen getrieben wurden, thätig seyn müssen, deren Gewalt die Tiefe der Einsenkungen und die grofse Höhe vieler Ringgebirge beurkundet. Schröter glaubte gefunden zu haben, dafs einige Stellen der Mondsoberfläche sich seit den Zeiten Cassini's geändert hätten, ja er entdeckte zuweilen einzelne neue Krater und Berge, die er der sorgfältigsten Nachsuchung ungeachtet vorher nicht wahrgenommen hatte. Selbst unter seinen Augen schienen Veränderungen vorzugehn, indem sogar zwischen dem 7. Jan. und 5. April 1789 in einem Umfange von 8 deutschen Meilen zwei neue Krater entstanden waren[1] und er am 26. Sept. 1788 am Rande des Mare Imbrium eine Lichterscheinung wahrnahm, wo sich 12 Tage später ein neuer Krater zeigte. V. Ende bezieht sich ferner auf die von andern Beobachtern, als Herschel und Piazzi, wahrgenommenen Lichterscheinungen, meint aber zugleich, dafs auch ohne Lichterscheinungen Eruptionen statt finden könnten. Bei einem Versuche zu Petersburg fiel eine Kanonenkugel von 0,2375 engl. Fufs Durchmesser, mit 4 Unzen Pulver aus einer 7,7 Fufs langen Kanone lothrecht in die Höhe geschossen, nach 45 Secunden nieder und erreichte nach Dan. Bernoulli[2] eine Höhe von 7819 engl. Fufs, würde aber im luftleeren Raume 58750 Fufs erreicht haben; die Mondvulcane können also bei dort mangelnder Atmosphäre und einer 5,3mal geringeren Schwere ihren Auswürflingen leicht eine solche Höhe geben, dafs sie in die Anziehungssphäre der Erde gelangen.

Als die durch v. Ende lebhaft vertheidigten Argumente einen grofsen Theil ihrer Gewichtigkeit verloren, jemehr man sich durch fortgesetzte Beobachtungen mit sehr hellen Fernröhren überzeugte, dafs die vorgeblichen Veränderungen auf der Mondsoberfläche auf Täuschungen beruhten und die bemerkten Lichtpuncte vermuthlich blofse Wirkungen gespiegelten Lichtes seyen, fand der lunarische Ursprung der Me-

1 Schröter selenotopographische Fragmente. Th. I. §. 471 u. 465.

2 Hydrodynamica. p. 236.

teorsteine zwei neue Vertheidiger. Benzenberg[1] hat in einer eigenen, diesem Gegenstande gewidmeten Schrift mehr seine Meinung, dafs die Sternschnuppen und Feuerkugeln durch Steine erzeugt werden, die vom Monde aus zur Erde gelangen, wiederholt ausgesprochen, als neue Gründe hierfür aufgestellt oder die gegen diese Ansicht gemachten Einwendungen genügend widerlegt; inzwischen ist von ihm allerdings darauf Rücksicht genommen worden, dafs nur der geringste Theil der von den Mondvulcanen ausgeworfenen Massen die Erde wirklich treffen kann, weswegen viele Tausende solcher Steine sich in den verschiedensten Bahnen um die Erde bewegen müssen, auch enthält sein Werk viele interessante, diesen Gegenstand betreffende Mittheilungen. Berzelius[2] dagegen, welcher als zweiter Anhänger der Theorie vom lunarischen Ursprunge der Meteorsteine aufgetreten ist, hat die Aufgabe von einer neuen Seite aufgefafst, indem er zuerst die Möglichkeit, dafs Mondvulcane Massen bis in den Bereich der Erdanziehung zu schleudern vermögen, als durch Olbers, La Place und andere bewiesen voraussetzt und dann die Wirklichkeit, dafs wir solche Körper in den Meteorsteinen besitzen, auf die Aggregationsform und die chemische Beschaffenheit derselben gründet. Die Hauptmomente seiner Beweise kurz zusammengefafst sind folgende. Die Meteorolithen enthalten metallisches Eisen; allein dieses Metall kann da, wo Wasser vorhanden ist, in diesem Zustande nicht verharren und wir werden daher zu dem Schlusse veranlafst, dafs sie vom Monde herkommen, wo es kein Wasser giebt, wie unter andern schon daraus folgt, dafs sonst das Wasser und seine Bestandtheile eine weit dichtere Atmosphäre um den Mond bilden müfsten, als wir daselbst wahrnehmen. Die Meteorsteine sind ferner ganz eigentlich mineralische Gebilde und haben eine den tellurischen Fossilien ähnliche Beschaffenheit, weswegen wir berechtigt sind, sie für Bestandtheile irgend eines andern Himmelskörpers zu halten. Ihre Bestandtheile sind im Ganzen bei allen einander fast bis zur Gleichheit ähnlich, weswegen sie von einem bestimmten Weltkörper herrühren müssen, zu-

---

1 Die Sternschnuppen sind Steine aus den Mondvulcanen u. s. w. Bonn 1834.

2 Poggendorff Ann. XXXIII. 1 u. 113.

gleich aber zeigen sie eine solche Verschiedenheit, dafs sie nicht von einem und demselben Orte abstammen können, da sie auf gleiche Weise einander ungleich sind, als die Fossilien verschiedener Gegenden unserer Erde. Diejenigen Massen können am leichtesten zur Erde gelangen, die von der Mitte der uns zugewandten Seite des Mondes ausgeworfen werden, daher sind die meisten Meteorsteine einander sehr ähnlich, weil sie von daher kommen, die geringe Anzahl der unähnlichen kommt von andern Orten, was mit der Erfahrung sehr genau übereinstimmt. Vielleicht ist die Menge des Nickels, welchen wir in diesen Gebilden finden, wegen seines Magnetismus die Ursache, dafs der Mond uns stets die nämliche Seite zukehrt, indem der Magnetismus der Erde auf diese Seite allein wirkt und nicht zugleich auf die andere, dieses Metall nicht enthaltende. Die Bestandtheile der Meteorsteine sind von den Felsarten unserer Erde verschieden, was gegen die Hypothese ihres tellurischen Ursprunges entscheiden mufs; in ihnen ist die Talkerde vorwaltend, die Kieselerde selten, und sie haben nur einen unbedeutenden Gehalt an Silicaten von Thonerde und Alkali. Sie scheinen ferner nicht, wie unsere vulcanischen Producte, in einem geschmolzenen Zustande ausgeworfen, sondern ruhig und langsam gebildet zu seyn, wie namentlich aus den Sprüngen hervorgeht, die meistens mit einer dunklern Felsart ausgefüllt sind. Der Olivin ist nach Berzelius als präexistirend in den tellurischen Laven nur eingebacken, bei den Meteorsteinen ist er aber gleichförmig mit den übrigen Bestandtheilen gemengt. Als in ihren Bestandtheilen von den übrigen abweichend sind nur die von Stannern, Jonzac und Jüvenas zu betrachten, denn der von Alais unterscheidet sich blofs dadurch, dafs er schon auf dem Monde verwittert war; jene drei aber müssen aus einer andern Gegend dieses Trabanten seyn, denn sie enthalten kein gediegenes Eisen, nur eine unbedeutende Quantität Talkerdesilicat, dagegen aber, aufser Schwefeleisen, Silicate von Kalk, Thonerde und Eisenoxydul und etwas Chrom.

18) Man mufs gestehn, dafs Berzelius mit grofsem Scharfsinne alle die Argumente zur Unterstützung seiner Hypothese aufgesucht hat, die ihm seine tiefen Einsichten in der Chemie und Geognosie darboten, allein es wird dennoch unmöglich seyn, sie gegen die Einwürfe zu schützen, die einer

vollständigen Begründung derselben unwiderstehlich entgegentreten. Einen Gegner hat derselbe bereits an v. Hoff[1] gefunden, welcher noch bei seiner Prüfung der oben erwähnten Hypothese von Butler[2] den kosmischen Ursprung der Meteorsteine für schwieriger, als den atmosphärischen zu vertheidigen hielt. Nach diesem sind die Bestandtheile der Meteorsteine keine andern, als die sich auf unserer Erde finden, ihre Aggregationsform hat gleichfalls Aehnlichkeit mit den Mineralien unserer Erde, ist aber dennoch insoweit verschieden, dafs wir hiernach und hauptsächlich wegen des in ihnen vorhandenen gediegenen Eisens annehmen müssen, dafs sie vor ihrem Herabfallen der Erde nicht angehörten. Hierdurch wird dann allerdings die Folgerung wahrscheinlich, dafs sie von einem unserer Erde verwandten Weltkörper, also dem Monde, herstammen, und wenn gleich die Möglichkeit, dafs Körper vom Monde aus den daselbst wahrscheinlich vorhandenen Vulcanen geschleudert werden können, nur für den Fall des Stillstandes beider Himmelskörper erwiesen ist, wogegen in Folge ihrer Bewegung nur ein geringer Theil der ausgeworfenen Substanzen zur Erde gelangen kann, so steht doch die Möglichkeit an sich einmal fest. Von der andern Seite aber kommt zwar das Eisen gediegen an, woraus auf die Abwesenheit von Sauerstoff geschlossen wird, die übrigen Substanzen aber sind oxydirt und beweisen daher für die Anwesenheit dieses Stoffes, auch deutet zwar die Oberfläche des Mondes auf stark wirkende vulcanische Kräfte, allein deren jetzige Anwesenheit und fortdauernde Thätigkeit ist dennoch keineswegs erwiesen. Sind ferner die Meteorsteine von Mondvulcanen ausgeworfene Massen, so können sie während ihres Fluges nicht wohl Veränderungen erlitten haben, auch zeigen sich davon keine Spuren, aufser geringfügigen auf der Oberfläche. Hiermit stimmen jedoch die bei den Meteorsteinfällen beobachteten Erscheinungen nicht überein. Diese sind zuerst die Lichterscheinung und am Tage eine die Meteorsteine meistens umgebende dunstartige Wolke, welche die Folge einer entweder schon vorhandenen oder erst in der Luft durch Reibung und Compression erhaltenen Glühhitze seyn müfsten. Letzteres ist jedoch wegen

1 Poggendorff Ann. XXXVI. 161.
2 Ebend. XXXIV. 351.

der Dünne der oberen Luftschichten, und da weder Kanonenkugeln noch leichtflüssige Flintenkugeln in der untern dichtern Atmosphäre irgend eine merkbare Erhitzung erhalten, nicht wohl denkbar, um so weniger, als die Meteormassen auf der Erde als geformte, verhärtete und zwar heifse, aber keineswegs bis zum Erweichen oder Schmelzen glühende Massen ankommen, da sie der Hypothese gemäfs im untern Theile der Luft gerade den höchsten Hitzgrad annehmen müfsten. Die Meteorsteinmassen, mit Ausnahme der gediegenen Eisenmassen, zeigen sich als krystallinisch gebildete Felsarten, die nicht im Innern, sondern blofs auf der Oberfläche eine geringe, die Bildung der Rinde bewirkende Veränderung erlitten haben, und auch die Eisenmassen zeigen in den Widmanstädten'schen Figuren ein krystallinisches Gefüge, was einer Schmelzung in den untern Luftschichten widerstreitet. Vor allen Dingen ist die laute Explosion, welche viele Meteorsteine in mehrere Meilen betragender Höhe erregen, mit dem Herabfallen eines auf dem Monde bereits ausgebildeten Körpers durchaus unverträglich, weil sich nicht vorstellen läfst, durch welchen Einflufs ein plötzlicher Knall in jenen Regionen einer so dünnen Atmosphäre entstehn könnte. Aufserdem übersteigt die Gröfse der Feuerkugeln die der aus ihnen herabgefallenen Massen zuweilen um das Tausendfache, was sich aus einem durch Reibung und Compression der Luft erzeugten Glühen durchaus nicht erklären läfst. Alle diese, mit der lunarischen Hypothese unvereinbaren Thatsachen berechtigen zu der Folgerung, „dafs in den Augenblicken, in welchen bei einem fallenden „Meteore die Explosion und Lichtentwickelung erfolgt, eine „mächtige chemisch-physische Operation vorgeht, die nicht „blofs Begleiterin des Falles eines festen Körpers oder Wir„kung dieses Falles ist, sondern die aus Urstoffen einen neuen „Körper bildet, und dafs dieser neue Körper eben der Me„teorstein ist.“

19) Wie oft auch Olbers den Vertheidigern des lunarischen Ursprungs der Meteorsteine als gewichtige Autorität dient, so ist er doch keineswegs Anhänger dieser Hypothese, wie schon aus seiner ersten Abhandlung über diesen Gegenstand und aus einigen spätern Bemerkungen[1] augenfällig her-

1 Benzenberg sandte seine oben erwähnte Abhandlung über die

vorgeht. Olbers sagte schon in seiner ersten Abhandlung:[1] „Bei der mitgetheilten Berechnung ist auf die Bewegung des „Mondes und der Erde keine Rücksicht genommen. Wegen „der Bewegung des Mondes hat der von ihm ausgewor- „fene Körper aufser der Wurfgeschwindigkeit auch noch die „Geschwindigkeit, die der Mond selbst nach der Rich- „tung der Tangente seiner Bahn hat. Ziehn wir diese mit „in Betrachtung, so erhellet, dafs die schweren Körper, „die vom Monde aus mit einer Geschwindigkeit von fast „8000 Fufs und darüber ausgeworfen werden, sobald sie sich „weit genug vom Monde entfernt haben, um von diesem un- „gleich weniger gezogen zu werden, als von der Erde, einen „mehr oder weniger vom Monde perturbirten Kegelschnitt „um die Erde beschreiben werden. Um auf die Erde zu „fallen, mufs dieser Kegelschnitt eine Ellipse von solchen „Dimensionen seyn, dafs das Perigeum derselben innerhalb „des Erdkörpers, wenigstens innerhalb der Atmosphäre der „Erde, fällt. Dazu gehört aber ein sehr bestimmtes Verhält- „nifs der Richtung und Wurfgeschwindigkeit des schweren „Körpers und es können also nur sehr wenige der Massen, die „der Mond etwa ausschleuderte, auf die Erde fallen, so dafs „der Mond selbst nach und nach eine grofse Verminderung „seiner Masse erleiden müfste.“ Olbers[2] sagt weiter: „Wenn „ein Stein vom Monde mit einer Anfangsgeschwindigkeit von „etwa 8000 Fufs fortgeschleudert wird und die erforderliche „Richtung hat, so kann er die Erde treffen und würde dann „mit einer Geschwindigkeit von etwa 35000 Fufs in einer Se- „cunde auf derselben anlangen. Die Sternschnuppen haben „aber eine Geschwindigkeit von 5 geogr. Meilen = 114000 „Fufs und nach einer beiläufigen, auf etliche Tausend Fufs

Sternschnuppen an Olbers und erhielt von diesem brieflich einige Bemerkungen über die vertheidigte Hypothese, die mir abschriftlich mitgetheilt worden sind. Ob der berühmte Astronom eine Veröffentlichung dieser belehrenden Aeufserungen beabsichtigte, weifs ich nicht, auf jeden Fall darf er sie nicht scheuen, und da ich ungern dem Publicum einige triftige Entscheidungsgründe für eine so wichtige Aufgabe entziehn möchte, so nehme ich keinen Anstand, den wesentlichen Inhalt derselben hier aufzunehmen.

1 Monatl. Corr. Th. VII. S. 158.

2 Handschriftliche Bemerkungen.

„richtigen Rechnung würde eine Anfangsgeschwindigkeit von „110000 Fuſs auf dem Monde erfordert, wenn der ausgeworfene Körper mit 114000 Fuſs Geschwindigkeit in der Nähe „der Erde ankommen sollte. Der Satz, daſs eine gehörige „Pulverladung, welche nach Hutton's Versuchen einer eisernen Kanonenkugel 2000 Fuſs Anfangsgeschwindigkeit gab, „auf dem Monde wegen der 5,3mal geringeren Schwere eine „Anfangsgeschwindigkeit von $5,3 \times 2000 = 10600$ Fuſs geben „müſste, kann nicht unbedingt zugegeben werden[1], denn bei „jenen Versuchen war die beobachtete Geschwindigkeit eine „horizontale, womit die Schwerkraft unmittelbar nichts zu „thun hat. Die Kugel wiegt auf dem Monde 5,3mal weniger; aber annehmen, daſs sie deswegen 5,3mal schneller bewegt werde, hieſse annehmen, daſs eine hölzerne Kugel von „gleichem Volumen, als eine eiserne, eine 10mal gröſsere Geschwindigkeit, als diese, mithin 20000 Fuſs erhalten würde. „Da die parabolische Geschwindigkeit eines um die Erde laufenden Körpers in der Entfernung von ihrem Mittelpuncte „$= r$ gröſser ist, als wenn er sich in einer Ellipse um sie „bewegte, und jene für $r =$ dem Halbmesser der Erde zu 34436

1 Ich finde diesen Satz, daſs bei gleichen Wurfkräften die Anfangsgeschwindigkeit auf dem Monde wegen geringerer Schwere gröſser seyn müsse, zur Unterstützung der lunarischen Hypothese öfter aufgestellt, z. B. von v. Ende in G. XVIII. 302., allein dieses beruht offenbar auf einer Verwechselung. Auf dem Monde, wie auf der Erde ist die nämliche Masse durch die nämliche Kraft in Bewegung zu setzen und auf beiden Weltkörpern ist daher der Effect, die Anfangsgeschwindigkeit, gleich. Wäre diese der Schwere umgekehrt proportional, so müſste sie beim genau horizontalen Wurfe, wobei die Schwere rücksichtlich der zu ertheilenden Bewegung $= 0$ ist, auf beiden Weltkörpern unendlich seyn. Die Schwere kommt allerdings in Betrachtung, aber nur insofern die verticale Richtung, in welcher sie wirkt, eine Componirende der Bahn ist, worin sich der Körper bewegt. In dieser wird er in der 1sten, 2ten, 3ten .... Secunde auf der Erde, wo die Schwere $= g$ ist, die Räume

$$s - g + s - 3g + s - 5g + \ldots.$$

zurücklegen, bis für die Zeiten in Secunden $= t$ die Räume $ts - t^2 g = 0$ werden, auf dem Monde aber, wo die Schwere $= g'$ ist, wird er die Räume $s - g' + s - 3g' + s - 5g' + \ldots.$ durchlaufen, bis $ts - t^2 g' = 0$ ist; dieser Unterschied zwischen g und g' ist aber bei der Formel, wodurch die auf dem Monde erforderliche Anfangsgeschwindigkeit gefunden wurde, schon berücksichtigt.

„Fuſs in 1 Sec. berechnet worden ist, so ist, wenn wir diese „parabolische Geschwindigkeit = M und die halbe groſse Axe „der Ellipse = a nennen, die elliptische Geschwindigkeit v in „demselben Abstande

$$v = M\sqrt{1 - \frac{1}{2a}},$$

„also immer kleiner als M. Soll v gröſser werden als M, so „muſs a negativ seyn, der Körper sich also in einer Hyperbel „bewegen. Alle die Körper also, die in der Nähe der Ober- „fläche der Erde eine gröſsere Geschwindigkeit haben, als „34436 Fuſs, können nicht bei der Erde bleiben, sie werden „sich nur mehr oder weniger um sie biegen, um in weiterer „Entfernung von ihr lediglich der anziehenden Kraft der Sonne „zu gehorchen, um die sie dann irgend einen Kegelschnitt be- „schreiben werden. Dieses kann dienen, die Idee von Mil- „lionen kleiner Massen, die um die Erde laufen sollen, zu „berichtigen.“

20) Werden die bisherigen Erörterungen gehörig gewürdigt, so ergiebt sich, daſs die lunarische Hypothese unter allen am wenigsten haltbar ist. Gegen die Annahme, daſs die Meteorsteine aus irdischen Vulcanen abstammen, entscheidet der Augenschein, weil wir den Unterschied der Meteorsteine und der vulcanischen Producte deutlich wahrnehmen, weswegen man nicht wagt, gleich kühne Hypothesen, als in Beziehung auf den entfernten Mond, aufzustellen, sonst könnte man auch hierfür übermäſsig groſse Wurfkräfte annehmen und die Meteormassen aus gröſseren Tiefen ableiten, als wo die gewöhnlichen Laven entstehn. Will man annehmen, die Meteorsteine würden an der Grenze unserer Atmosphäre aus Dämpfen gebildet, so sind jene Regionen uns gleichfalls unbekannt und die Wirksamkeit unbekannter, für diesen Zweck erforderlicher Potenzen bleibt zwar immer bloſs hypothetisch, läſst sich dagegen aber nicht mit absoluter Evidenz widerlegen, was in Beziehung auf die lunarische Hypothese mir allerdings der Fall zu seyn scheint. Es wird zwar oft wiederholt, eine Wurfkraft der Mondvulcane von gegen 7500 Fuſs Anfangsgeschwindigkeit, durch welche Boliden von dort her zur Erde gelangen könnten, sey mathematisch erwiesen, allein dieses scheint mir noch keineswegs der Fall zu seyn, und wenn es

so wäre, so ist zwischen der bloſsen Möglichkeit und der Wirklichkeit, bei vorhandener überwiegender Unwahrschein lichkeit, noch eine groſse Kluft befestigt; denn bloſs möglich ist auch, daſs ein Komet an die Erde stöſst, allein bis jetzt ist es noch nicht geschehn und wird auch wohl nie geschehn. Zuerst darf man die im Minimum erforderliche Wurfkraft der Vulcane von etwa 7500 Fuſs aus triftigen Gründen in Abrede stellen. Allerdings sind die Wurfkräfte der Vulcane unermeſslich, aber sie sind nach der Natur der Krater auf verhältniſsmäſsig so kleine Massen nicht so concentrirt. Wenn man in eine Kanone die hundertfache Menge Pulver lüde, als in ein gewöhnliches Schieſsgewehr, so hätte man allerdings die hundertfache Kraft, allein dennoch würde diese eine einzelne Flintenkugel keineswegs hundertmal weiter, ja nicht einmal so weit fortschleudern, als das ungleich kleinere Schieſsgewehr. Die Vulcane können daher unermeſslich groſse Massen auswerfen und kleinere, als Staub und Asche, durch die aus ihnen aufsteigende Säule von erhitzten Dämpfen, brennenden Gasen und glühend heiſser Luft zu ganz unglaublichen Höhen heben, so daſs sie durch den Wind bis zu undenkbaren Fernen fortgeführt werden, aber sie vermögen nicht, einer compacten Masse eine gleiche Anfangsgeschwindigkeit zu geben, als unsere ihre geringere Kraft völlig concentrirenden Geschütze. Benzenberg[1] führt an, daſs bei einem der fürchterlichsten Ausbrüche des Hecla am 5. Apr. 1766 ein Stein bis 3 Meilen, die Meile zu 24000 rhein. Fuſs gerechnet, also bis 72000 Fuſs weit geworfen wurde. Man weiſs, was von solchen Bestimmungen nach ganzen Meilen zu halten sey; allein angenommen, die Gröſse sey vollkommen genau, so ist der Hecla 4790 Fuſs hoch, welches einer lothrechten Fallhöhe von 18,87 Secunden zugehört, und hätte also der Stein eine horizontale gleichbleibende Geschwindigkeit von 2000 Fuſs in 1 Secunde gehabt, so legte er in dieser Zeit $18{,}87 \times 2000 = 37740$ par. Fuſs zurück, so daſs, jene Gröſse zu 70000 par. Fuſs angenommen, nur 32260 par. Fuſs übrig bleiben. Diese würden zwar durch ein Wurfgeschütz nicht zu erreichen seyn, allein die Bestimmung des Abstandes, bis wohin der Stein, vom Fuſse des Berges an, geschleudert wurde, ist zu wenig constatirt,

1 Die Sternschnuppen sind Steine aus d. Mondvulcanen. S. XXI.

und ich glaube mit Sicherheit annehmen zu können, daſs feste Auswürflinge der Vulcane in gröſseren Massen nie bis zu einer Entfernung geschleudert wurden, wohin sie durch künstliche Wurfgeschosse gebracht werden könnten. Den Mondvulcanen, welche Vorstellung wir uns von ihnen machen, und wie sehr wir ihre Gewalt über die der tellurischen steigern mögen, fehlt auf jeden Fall gleichfalls die erforderliche Concentrirung der Kraft und überhaupt kommt es bei der Ballistik zur Erhaltung eines weiten Wurfes nicht sowohl auf ein plötzlich mit groſser Energie wirkendes Mittel an, da einem solchen die Trägheit der zu bewegenden Masse allzugroſsen Widerstand entgegensetzt (weswegen Knallsilber weniger wirkt als Schieſspulver), als vielmehr auf ein anhaltender nachwirkendes, um die einmal erzeugte Bewegung zu beschleunigen und in dem Augenblicke, wenn der geworfene Körper sich selbst überlassen weiter fliegt, die gröſstmögliche Geschwindigkeit zu erzeugen, wozu jedoch die Bedingungen in den Kratern der Vulcane fehlen. Sonach ist also die im Minimum erforderliche Wurfkraft der Vulcane noch keineswegs erwiesen, sobald es sich um gröſsere feste Massen und nicht um Asche, Sand und Steinchen handelt, die mit Unterstützung des Windes in Rauch und Dampfwolken allerdings bis zu unglaublichen Entfernungen fortgeführt werden. Ebensowenig ist geometrisch erwiesen, daſs ein mit der höchst unwahrscheinlichen, nach unserer Sachkenntniſs vielmehr unmöglichen Anfangsgeschwindigkeit von fast 8000 Fuſs aus den Mondvulcanen ausgeworfener Körper die Erde erreichen könne; denn was in dieser Beziehung von den berühmten Geometern ausgesprochen wurde, setzt den Zustand der Ruhe beider Himmelskörper voraus, welcher aber bekanntlich nicht statt findet. Die Bahn des geworfenen Körpers wird dann als eine gerade gedacht, in welcher sich der Körper zwischen dem Monde und der Erde bewegen würde; allein eine solche ist wegen der einmal vorhandenen Bewegung beider Weltkörper ganz unmöglich. Allerdings ist es unnöthig, die Bewegung beider im Weltraume zu berücksichtigen; vielmehr genügt es vorerst, die des Mondes um die Erde, als eines Trabanten derselben, und sofern er sich mit ihr gemeinschaftlich im Sonnenraume bewegt, in die Betrachtung zu ziehn, wenn es sich um den einfachsten möglichen Fall handelt, in welchem ein von ihm aus ge-

worfener Körper zur Erde gelangen könnte. Angenommen, dafs alle Bedingungen sich vereinigten, um diesen Erfolg auf die leichteste Weise herbeizuführen, so wäre auch dann die Bahn des Würflings eine gekrümmte, wie G. G. Schmidt[1] ganz richtig bemerkt, mit der concaven Seite dem Mondcentrum zugekehrte, sie würde aber dann, wenn der Körper in den Bereich der gröfseren Anziehung der Erde gelangte, einen Wendepunct erhalten und ihre concave Seite der Erde zuwenden. Auf jeden Fall müfste der Körper bis an diesen Wendepunct geschleudert werden, und sollten die Bedingungen sich insgesammt dahin vereinigen, dafs er mit der geringstmöglichen Wurfgeschwindigkeit diesen erreichte, so würde hierzu doch eine weit gröfsere Kraft erfordert, als diejenige, die ohnehin als unmöglich erscheinen mufs, wenn wir nicht zu unbekannten Potenzen unsere Zuflucht nehmen wollen, deren Annahme allezeit die Unhaltbarkeit und Nichtigkeit der vertheidigten Hypothese andeutet. Mit Recht sagte daher Olbers, dafs von zahllosen ausgeworfenen Steinen nur sehr wenige zur Erde gelangen würden, wodurch die Masse des Mondes merklich verringert werden müfste, und dann könnte, wie sich leicht hinzufügen läfst, die namentlich in der Nutation bemerkbare Anziehung des Mondes gegen unsere Erde sich nicht gleich bleiben. Um dieses leichter zu übersehn, darf man nur berücksichtigen, dafs von allen aus der von uns abgewandten Mondhälfte in einer vom Centrum des Trabanten aus verlängerten Linie ausgeworfenen Körpern auch nicht einer zur Erde gelangen kann, mithin ist schon die ganze Hälfte für diesen Zweck verloren, und von der andern Hälfte würden aus Rücksicht auf die Bewegung des Mondes um die Erde und die Bewegung beider Himmelskörper um die Sonne nur so wenige zu diesem Ziele gelangen, dafs in Gemäfsheit einer Schätzung der vergeblich vom Monde aus geschleuderten und in Folge der Anziehung der Sonne diese umkreisenden Mondsteine und derer, die wirklich auf der Erde ankommen, die Masse des Trabanten in mefsbarer Zeit merklich verringert werden müfste. Diese Argumente und die oben angegebenen, durch v. Hoff aufgestellten, nöthigen unwiderstehlich, die Hypothese vom lunarischen Ursprunge der Meteorsteine aufzugeben.

1 A. a. O.

21) Die vierte und älteste Hypothese hält die Meteorsteine für kosmischen Ursprungs, d. h. sie betrachtet sie als Substanzen, die sich im Weltraume befinden. Es kann hierüber eine doppelte Ansicht statt finden, indem sie nach der einen dem Gebiete unseres Sonnensystems, nach der andern dem gesammten Raume der Fixsterne zugehörig sind, in welchem letzteren Falle anzunehmen wäre, dafs das ganze Sonnensystem bei seiner Bewegung zuweilen solche Regionen durchwanderte, in denen die Erde und demzufolge auch die übrigen Planeten in ihren Bahnen auf diese kosmischen Substanzen stiefsen. Für beide Ansichten lassen sich Gründe angeben und vielleicht findet Beides statt. Von der einen Seite ist der Raum des Sonnensystems grofs genug, um nach der Menge der auf die Erde herabfallenden Meteorsteine eine für die Erde und die übrigen Planeten genügende Anzahl derselben zu enthalten, auch spricht hierfür die Aehnlichkeit dieser Körper mit den Bestandtheilen unserer Erde, da es zu gewagt scheinen könnte, den unendlich entfernten Fixsternen und allen in ihrem Raume vorhandenen Substanzen gleiche oder mindestens so ähnliche Stoffe beizulegen. Von der andern Seite aber, wenn wirklich Kometen sich in parabolischen oder hyperbolischen Bahnen bewegen, deuten diese an, dafs Körper aus dem unermefslichen Himmelsraume im Bereiche unseres Sonnensystems anlangen. Man hat die Frage, welche von diesen Meinungen bei der Annahme des kosmischen Ursprunges der Meteorsteine einzig oder am meisten zulässig sey, unentschieden gelassen, da es im Ganzen unwesentlich ist, welcher man huldigt, und keine überwiegenden Gründe für oder wider die eine oder die andere vorhanden sind, jedoch geben die wiederholt an der nämlichen Stelle im Raume des Sonnensystems zum Vorschein gekommenen zahlreichen Sternschnuppen und die Beschränktheit der Vorstellung, wenn wir allen Weltensystemen gleichartige Bestandtheile zuschreiben wollten, ein schwaches Argument, um mehr für den Ursprung der Meteorsteine im Raume des Sonnensystems zu entscheiden.

Weit wichtiger dagegen ist ein anderer Unterschied. Man kann nämlich entweder annehmen, dafs die Meteorsteine schon gebildet im Weltraume vorhanden sind und sich in willkürlichen Bahnen bewegen, bis sie von der Erde angezogen wer-

den, oder dafs sie als dampfartige, kometarische Masse existiren, durch deren Vereinigung an der Grenze unserer Atmosphäre die herabfallenden Körper ihre nachherige Gestalt erhalten. Der Verfolg der Untersuchungen wird zeigen, dafs nur die letztere Vorstellung den zu ihnen gehörigen Erscheinungen genügt. Endlich mufs noch eine dritte Verschiedenheit der Ansichten berücksichtigt werden. Die meisten, wo nicht alle Anhänger der Hypothese vom kosmischen Ursprunge der Meteorsteine hielten den Einwurf von der übergrofsen Menge der Sternschnuppen, die oft in kurzer Zeit an dem nämlichen Orte beobachtet werden, für zu gewichtig, als dafs sie diese insgesammt mit den grofsen Feuerkugeln für kosmisch halten sollten, und sie gaben daher willig zu, dafs die kleinen Sternschnuppen atmosphärische Gebilde seyen; Chladni war fast der einzige, welcher alle diese gleichartigen Phänomene für gleichen Ursprungs hielt, und ich selbst habe gleichfalls nie eine andere Ansicht gehegt, weil man sich sonst in eine noch gröfsere Schwierigkeit verwickelt, nämlich die Aufgabe, die Grenze anzugeben, wo die tellurischen Sternschnuppen aufhören und die kosmischen anfangen, ein Problem, welches in der That ganz unmöglich ist, da eine solche Scheidung factisch nicht existirt, vielmehr diese Art der Feuermeteore von den kleinsten Sternschnuppen an bis zu den gröfsten Feuerkugeln in einer ununterbrochenen Reihe zusammenhängen. Gerade in dieser Beziehung aber hat sich der Standpunct der Sachen neuerdings bedeutend geändert; denn anstatt dafs man früher Bedenken trug, die Meteorsteine für Erzeugnisse aus dem Weltenraume zu halten, weil die sie begleitenden Feuerkugeln in ihrem ganzen Verhalten eine auf Gleichheit des Ursprungs führende Aehnlichkeit mit den Sternschnuppen haben, die von den gröfsten bis zu den kleinsten ohne bestimmte Grenze herab nicht selten bis zu Hunderten in einer Nacht gesehn wurden und die man dieser grofsen Zahl und verschwindenden Kleinheit wegen nicht füglich glaubte aus den unermefslichen Himmelsräumen ableiten zu dürfen, haben vielmehr die neuesten Beobachtungen ungewöhnlich zahlreicher Sternschnuppen von der ungleichsten Gröfse, wobei in einem einzelnen grofsartigen Phänomene die ganze Summe aller früheren Erscheinungen vereint schien, zu der Ueberzeugung geführt, dafs gerade diese kosmischen Ursprungs seyn

müssen und daher in Beziehung auf die Meteorsteinmassen nicht wohl ein fernerer Zweifel obwalten kann.

22) Als Urheber der Hypothese vom kosmischen Ursprunge der Meteorsteine mit Einschlufs der gediegenen Eisenmassen ist Chladni zu betrachten, welcher sie in seiner ersten Schrift über diesen Gegenstand aufstellte und aller Einwürfe ungeachtet standhaft vertheidigte[1]. Dieser scharfsinnige Gelehrte war zugleich der erste, welcher für die Untersuchung aller hierzu gehörigen Phänomene ein ganz neues Feld eröffnete und eine strenge wissenschaftliche Behandlung des Gegenstandes herbeiführte. Alle frühere Meinungen waren entweder höchst unbestimmt oder erweislich falsch. Die älteren Physiker bis auf Musschenbroek und Silberschlag[2] hielten diese sämmtlichen Lichterscheinungen für Entzündungen öliger Dünste oder für phosphorescirende Auswürfe von Raubvögeln und wollten sonderbarer Weise nach Theophrastus Paracelsus[3] und Fludd[4] die auf Wiesen gefundenen schleimigen Massen damit in Verbindung bringen, welche man als Concretionen aus den höhern Regionen der Atmosphäre betrachtete[5], ein Vorurtheil, welches sich bis auf die neuesten Zeiten herab erhalten hat. Die Hypothese von Herbert[6], Toaldo und Volta[7], welcher auch Lampadius[8] und einige andere sich näherten, wonach sie entzündetes Wasserstoffgas seyn sollen, konnte nicht wohl allgemeinern Beifall finden. Die meisten, unter denen vorzüglich Beccaria[9] und Vassalli[10] zu nennen sind, hielten die Sternschnuppen und Feuer-

1 Ueber den Ursprung der von Pallas gefundenen und anderer ihr ähnlichen Eisenmassen. Leipz. 1794. 8. Dann in mehreren Abhandlungen in Gilbert's Annalen, z. B. XIII. 350; XV. 319; XIX. 257; LXXV. 247; in Schweigger's Journ. Th. XI. S. 418. und ausführlich in seiner Schrift über Feuermeteore u. s. w. Wien 1819.

2 Theorie der am 23sten Juli 1762 erschienenen Feuerkugel. 1764. 4.

3 Liber Meteor. cap. 10.

4 Dechales Mundus mathem. Cap. IV.

5 Musschenbroek Introduct. §. 2505.

6 De aëre fluidisque ad aëris genus pert. Viennae 1779.

7 Briefe über die Sumpfluft. Aus d. Ital. 1778.

8 Atmosphärologie. S. 105.

9 Lettere dell' Elettricismo. 1758. 4.

10 Lettere fisico-meteorologiche de' celeberrimi fisici ect. Torino 1789. 8.

kugeln für elektrische Meteore, welcher Ansicht auch Hartmann[1] beitrat, und die Physiker reihten daher allgemein diese Phänomene den elektrischen an, obgleich sie manche abweichende Erscheinungen nicht wohl zu erklären wufsten. Chladni erzählt selbst, dafs er durch Lichtenberg im Jahre 1792 auf die Idee vom kosmischen Ursprunge der Meteorsteine geleitet worden sey, indem dieser geistreiche Physiker bei der Unterhaltung hierüber äufserte, er habe zwar die Phänomene den elektrischen angereiht, weil ihm dieses der schicklichste Ort geschienen, allein manche dieser Meteore dürften doch wohl über die Grenzen der Atmosphäre hinausreichen. Dabei ist nicht ohne Interesse, zu bemerken, dafs, während die Physiker bei diesen seltsamen Erscheinungen zur Elektricität als einzigem Hülfsmittel ihre Zuflucht nahmen, die Astronomen schon frühe wenigstens einige der gröfseren Feuerkugeln für kosmisch erklärten. So hielt Wallis[2] ein solches am 20. Sept. 1676 in England gesehenes Meteor für einen kleinen Kometen, Hartsoeker[3] hegte diese Ansicht in Beziehung auf alle gröfseren Feuerkugeln, Pringle[4] hielt sie für Körper, die beständig im Kreise herumlaufen, und Halley[5] am angemessensten für Materie, welche im Weltraume zerstreut sey und irgendwo in die Anziehungssphäre der Erde komme. Später waren v. Zach und Olbers die ersten, welche Chladni's Hypothese über die Meteorsteine, die er scherzweise *Weltspäne* nannte, nicht verwerflich fanden[6]. Später erklärte v. Zach[7] die Feuerkugeln für kleine Erdkometen, Faray[8] für Satelliten, die unsere Erde umkreisen, eine unhaltbare Meinung, weil diese, ebenso wie der Mond, nicht herabfallen würden. Olbers[9] huldigte schon sehr frühe der Meinung vom Ursprunge der Meteorsteine aus Massen im Weltraume,

1 Von der Verwandtschaft der elektrischen Kraft mit den erschrecklichen Lufterscheinungen. Hann. 1759. 8.

2 Philos. Trans. N. 135.

3 Conjectures physiques. A la Haye 1707—1710.

4 Philos. Trans. T. L. p. 63.

5 Ebend. N. 431.

6 Chladni über Feuer-Meteore. S. 9.

7 Correspond. astronom. 1822. N. V.

8 Nicholson's Journ. of Nat. Phil. T. XXXIV. p. 298.

9 G. XIX. 370.

ebenso Higgins[1], jedoch stellt dieser die seltsame Hypothese auf, die Elektricität treibe bei ihrer Ankunft an der Grenze der Atmosphäre die Wärme aus und diese bewirke dann ihr Leuchten. Nach den neuesten Erfahrungen über die Sternschnuppen wird die Hypothese vom kosmischen Ursprunge der Meteormassen unfehlbar allgemeine Anerkennung finden und v. Hoff[2] hat sich bereits entschieden dafür erklärt.

23) Die Argumente, worauf Chladni seine Hypothese stützt, sind zuerst die grofse Höhe, worin die Feuerkugeln erscheinen. Allerdings hat Egen (§. 14.) diese Thatsache bestritten, allein bei Sternschnuppen läfst sie sich einmal nicht in Abrede stellen, bei der von ihm gewählten Feuerkugel zu Angers kommen schon 7,2 franz. Meilen heraus, und es läfst sich doch nicht wohl annehmen, dafs diese unter allen gerade die niedrigste oder die höchste gewesen seyn sollte, vielmehr wird die von Charsonville durch Dutrochet nur zu 14724 T. oder 6,44 franz. (3,86 geogr.) und die von Weston durch Bowditch zu 15360 T. oder 6,72 franz. (4,03 geogr.) Meilen angegeben[3], allein andere waren gewifs höher, und nehmen wir auch nur 8 Meilen als das Maximum an, so würden Tausende von Kubikmeilen solcher Luft, die von hier an aufwärts stets dünner wird, dazu erforderlich seyn, um einen Stein von 10 bis 20 ℔. zu bilden, wobei die zu vereinigenden äufsersten Bestandtheile noch obendrein entweder eine so grofse Geschwindigkeit haben oder so lange Zeit erfordern würden, dafs das Zusammentreffen aller dieser Bedingungen sich weit über die Grenze des Vorstellbaren entfernt. Einen zweiten Beweisgrund findet Chladni in der parabolischen, anfangs fast horizontalen Bewegung der Feuerkugeln, woraus hervorgehe, dafs ihre Bahn durch die anfängliche Bewegung im Himmelsraume und die auf sie einwirkende Anziehung der Erde bedingt werde. Auch die Bogensprünge und rückgehende Bewegung mancher Feuerkugeln sieht er als einen Beweis an, dafs sie in einem sehr ausgedehnten Zustande von aufsen her gegen die Atmosphäre geschleudert und von dieser wieder zurückgeworfen werden. Als ein Hauptargument betrachtet er viertens die unglaubliche Geschwindigkeit, womit

1 Aus Tilloch's Philos. Mag. in G. LX. 236.
2 Poggendorff Ann. XXXVI. 177.
3 Journ. de Phys. T. XC. p. 227.

sich die Feuerkugeln bewegen, ehe sie durch den Widerstand der Luft verzögert werden. Unsere Erde bewegt sich im Mittel mit etwa 4,15 geographischen Meilen in 1 Sec., die Geschwindigkeit der Sternschnuppen will man noch gröfser, im Mittel etwa 5 geogr. Meilen gefunden haben (Brandes[1] fand sie zwischen 4 und 8 Meilen), und wenn auch rücksichtlich der gröfseren Feuerkugeln in dieser Beziehung noch einige Ungewifsheit der Messungen obwaltet, so ist ihre Geschwindigkeit doch auf jeden Fall eine planetarische und giebt einen unwiderleglichen Beweis für ihren kosmischen Ursprung.

Chladni meint dann ferner, die Meteorsteine könnten Gebilde aus Urmaterie seyn, deren Anwesenheit im Weltraume er durch viele Gründe zu beweisen sucht. Diese übergehe ich hier, weil nicht leicht jemand diese Thatsache bezweifeln wird, da es an sich schon seltsam seyn und mit der allgemeinen üppigen Fülle der Natur sowohl als auch ihrer stets fortdauernden schaffenden Production im Widerspruche stehn würde, jene unermefslichen Räume als leer zu denken, neuerdings aber die Anwesenheit vieler kosmischen Masse in derjenigen Gegend, durch welche unsere Erde sich um den 12. bis 14. Nov. bewegt, aus den vielen um jene Zeit mehrmals beobachteten zahlreichen Sternschnuppen fast zur Gewifsheit geworden ist. Dieser Ansicht giebt er den Vorzug, glaubt aber, dafs auch eine andere vertheidigt werden könne, wonach die Meteorsteine Bruchstücke eines zersprengten Weltkörpers wären. Die Astronomie liefert allerdings mehrere Beispiele, dafs Sterne mit hellem Glanze leuchteten, nachher aber verschwanden, und im Allgemeinen hat sogar der Gedanke innere Wahrscheinlichkeit, dafs die Schöpfung des Weltalls mit dem gegenwärtigen Bestande nicht abgeschlossen ist, sondern dafs noch fortwährend im Himmelsraume, wie auf unserem Planeten, Zerstörung des Bestehenden mit Erzeugung des Neuen verbunden ist. Zugleich bezieht sich Chladni auf die durch Lagrange[2] bewiesene Möglichkeit des Vorhandenseyns von Kräften, wodurch ein Planet so zersprengt werden könne, dafs seine Theile in abgesonderten Bahnen um die Sonne liefen, und auf die hieran sich schliefsende Idee von Olbers[3],

1 S. Art. *Sternschnuppe*.
2 Mon. Corr. Th. XXV. S. 558.
3 Ebend. Th. VI. S. 88. u. 313.

dafs die vier neuen Planeten wohl Bruchstücke eines früher bestandenen gröfsern seyn möchten. Hiernach könnten also auch die Meteorsteine Bruchstücke eines zersprengten Planeten seyn; jedoch giebt er der obigen Hypothese deswegen den Vorzug, weil sie sonst zersprengten Felsstücken mehr gleichen müfsten, wofür auch Sömmerring[1] entschieden habe[2].

24) Die wesentliche Grundlage der Theorie vom kosmischen Ursprunge der Meteormassen, nämlich die Anwesenheit von Urmaterie im Weltraume, dürfte wohl am wenigsten Widerspruch finden, wie auch v. Hoff[3] meint, welcher sich dabei auf die Autorität des hierin höchst competenten Herschel[4] bezieht und meint, dafs die begleitenden Erscheinungen, das Leuchten, die Explosion, die ungeheure Ausdehnung der feurigen Masse im Vergleiche mit dem geringen

---

1 Schweigger's N. Journ. Th. XIX. S. 473.

2 Im Gebiete der Hypothesen kann man sich frei bewegen, und es scheint leicht anmafsend, den bestehenden andere entgegenzusetzen. Inzwischen gestehe ich, dafs mir, aus dem physikalischen Standpuncte betrachtet, die Idee von einer Zerstückelung eines vorhandenen Planeten in vier Theile nie recht einleuchten wollte; denn es lassen sich zwar leicht Kräfte bis zu unglaublicher Stärke gesteigert vorstellen, allein dafs eine zu einer solchen Zerstückelung eines Planeten erforderliche in diesem lange Zeit ruhen und dann plötzlich thätig werden sollte, ist schwer vorstellbar. Zudem würde man den gröfseren Planeten, von dem sich vermuthlich mehrere Bruchstücke im Weltraume verloren haben müfsten, vorher gesehn haben oder die Theile desselben wären nicht so lange unbemerkt geblieben und dann so bald nach einander sämmtlich entdeckt. Weit natürlichen und der Bildung der Meteorsteine angemessener scheint mir, dafs auch diese vier Planeten aus Urmasse entstanden sind, was mit ihrer verschiedenen physischen Beschaffenheit und den kometenartigen hohen Atmosphären der Ceres und Pallas vollkommen übereinstimmt. Ohnehin hat die Hypothese einen nicht geringen Grad von Wahrscheinlichkeit, dafs der Kern unserer Erde der Hauptsache nach aus solchen noch nicht oxydirten Bestandtheilen bestehe, als wir sie in den Meteorsteinen finden (namentlich kommt der Olivin in den Laven, den Basalten und den Meteormassen vor), und so zeigten uns also die neuen Planeten mit noch nicht veränderter Kruste ein Bild unseres Planeten in seinem frühesten Zustande, welcher in seinem Innern noch die Glühhitze bewahrt, die wir an jenen Gebilden wahrnehmen, ehe die Erde sie ihnen entzieht.

3 Poggendorff Ann. XXXVI. 178.

4 G. LXXV. 260.

herabgefallenen Producte, das krystallinische Gefüge des letztern, die begleitenden Wölkchen und Lichtstreifen u. s. w., weit mehr auf die Bildung eines neuen Körpers, als auf das Herabfallen eines schon gebildeten deuten, wenn man plötzliche Entwickelung von Wärme und Licht in Folge chemischer Compositionen und Decompositionen als bekannt voraussetzt. Hiernach wären also die Hitze und das hierdurch erzeugte Leuchten eine Folge des Chemismus, was allerdings nicht als unmöglich verworfen werden kann (da auch andere Verbindungen, als des Schwefels mit Platin und mit Eisen von einer Licht- und Wärme-Entbindung, einer Explosion, begleitet zu seyn pflegen), jedoch nicht wahrscheinlich ist, da es unbegreiflich seyn würde, warum diese Explosion nicht schon früher erfolgt sey. Nach Chladni[1] ist die Erhitzung eine Folge der Luftcompression, die ungeachtet der höchst dünnen Atmosphäre wegen der unermeſslichen Geschwindigkeit der Meteormassen statt finden könne und wobei auch die Elektricität von einigem Einfluſs seyn möge. Daſs die Reibung nicht als Ursache der Wärme-Entbindung gelten könne, da heftig geschwungene Kugeln und selbst abgeschossene nicht erhitzt würden, hat Parrot[2] genügend gezeigt, welcher sie daher von der Einwirkung des Wasserdunstes auf die Schwefelmetalle ableitet. Chladni, im Umgange so liebenswürdig, war für die Hypothese, daſs die Hitze eine Folge der Luftcompression sey, wofür er obendrein die Autorität des groſsen Laplace anführte, so eingenommen, daſs er mich im Jahre 1818 bat, ihn mit Einwürfen dagegen zu verschonen. Bei der hohen Wahrheitsliebe des trefflichen Gelehrten nahm ich jedoch keinen Anstand, meine Zweifel gegen diese Hypothese, die auch bei andern, z. B. Gilbert[3], Beifall fand, zu veröffentlichen[4], die in gröſster Stärke zusammengefaſst darauf zurückkommen, daſs bei der groſsen Höhe, worin Feuerkugeln leuchtend gesehn wurden, eine Entbindung von Wärme bis zur Glühhitze in Regionen durch Compression der

---

1 Ueber Feuermeteore. S. 34.

2 Handbuch d. theor. Physik. Th. III. S. 183. Vergl. Vieth in G. XIX. 244.

3 Dessen Ann. XVIII. 293.

4 Schweigger's Journ. Th. XXV. S. 18.

Luft statt finden müsse, wo es keine Luft mehr gebe, und in der That wurde Chladni hierdurch bewogen zu gestehn, dafs wohl einige Feuerkugeln schon glühend in der Atmosphäre ankommen möchten. In der That scheint mir die Hitze und das Leuchten die geringste Schwierigkeit darzubieten. Wenn wir den mindestens sehr wahrscheinlichen Satz als erwiesen betrachten, dafs die Wärme im absolut leeren[1] Raume die Körper, an welche sie gebunden ist, nicht verlassen könne, weil sie neben ihrer Repulsivkraft auch der Anziehung gegen ponderabele Massen folgt, so läfst sich Newton's Meinung, dafs die Sonne ein glühender Körper sey, keineswegs als unhaltbar betrachten. Bestände auch sie aus solcher Urmaterie, wie wir sie in den Meteorsteinen finden, und hätte diese einen solchen Grad der Hitze, um hiervon das geringe specifische Gewicht der Sonne abzuleiten, so liefse sich aus diesem enormen Glühen füglich die starke Lichtentbindung erklären, die wir bei allen glühenden Körpern in geringerem Grade gleichfalls wahrnehmen. Abgesehn hiervon zeigen sich die Kometen, die sich schon wegen ihres Schweifes den Feuerkugeln so nahe anschliefsen, gleichfalls als sehr lockere, im höchsten Grade durch Glühhitze ausgedehnte Körper. Bei der Einfachheit der Natur in allen ihren Operationen dürfen wir uns dreist alle Anhäufungen kosmischer Materien im Weltraume unter dieser Gestalt denken, Feuerkugeln und Sternschnuppen müssen dann höchst ausgedehnt, in Gestalt bloſser Lichtstreifen, auf jeden Fall als eine dünne, glühende und leuchtende Masse, in unserer Atmosphäre ankommen. Die grofse Zahl der Sternschnuppen kann, wie v. Hoff richtig bemerkt, nicht als Gegenargument gelten, denn viel und wenig sind nur relative Begriffe und der Weltraum ist auf jeden Fall unermefslich grofs gegen die Zahl dieser Meteore, die auf der Erde ankommen, da noch obendrein die Massen bei den Sternschnuppen und kleinern Feuerkugeln so gering sind, dafs sie in Dampfgestalt wieder zu verschwinden scheinen. Findet die Wärme dieser Meteore in der Atmosphäre andere ponderable Masse, welcher sie sich mittheilen kann, so verläfst sie jene, die Grundlage derselben sintert in Folge ihrer Anziehung bei

1 Die Anwesenheit des Lichtäthers hebt die absolute Leere in diesem Sinne nicht auf.

abnehmender Repulsion in Folge des Verlustes von Wärme zusammen und bildet die Meteorsteine. Diese entweichende Wärme ist bei einigen Feuerkugeln wirklich empfunden worden, wegen der leichten Beweglichkeit der Bestandtheile beim Schweben im freien Raume entsteht ein krystallinisches Gefüge, eine vollständige Oxydation ist aber wegen Mangels an hinlänglichem Sauerstoff nicht möglich und bloſs die Oberfläche erleidet eine Schmelzung und geringe Oxydation, deren Folge die Rinde ist, die ich lieber auf diese Weise, als mit von Schreibers durch einen ohne genügenden Grund zu Hülfe gerufenen elektrischen Schlag, entstehend annehmen möchte. Auch Davy[1] hegt die Ansicht, daſs die Erden der Meteorsteine in metallischer Gestalt ankommen und erst im Bereiche der Atmosphäre die erforderliche Veränderung erleiden. Das Zerspringen der Meteorsteine in mehrere Stücke zu erklären hat nicht die mindeste Schwierigkeit, da die meisten Körper, selbst Metalle, beim schnellen Uebergange aus der gröſsten Glühhitze dieses zeigen.

25) Es ist in der That überflüssig, alle Einzelheiten des ganzen Phänomens dieser Hypothese speciell anzupassen, da sie sich ohne Schwierigkeit aus derselben erklären lassen, ohne noch unbekannte physische oder chemische Kräfte zu Hülfe zu nehmen; bloſs die ausnehmend starken Explosionen, die dem Herabfallen der Meteorsteine vorauszugehn pflegen, bieten einige Schwierigkeiten dar, unter denen die bedeutendste jedoch wahrscheinlich auf falschen Voraussetzungen beruht. Kommen die kosmischen Massen wirklich in einem Zustande so auſserordentlicher Ausdehnung im Bereiche der Atmosphäre an, daſs sie durch plötzlichen Verlust der Wärme zu einem Volumen von 0,25 bis etwa 2 Kubikfuſs zusammensintern, so muſs durch das Zusammenschlagen der Luft in den entstandenen leeren Raum nothwendig eine Explosion von derjenigen Intensität bewirkt werden, wie dieselbe durch Erfahrung gegeben ist. Dieses Phänomen im Allgemeinen ist zwar wegen unserer unvollkommenen Kenntniſs des Wesens der Wärme noch nicht deutlich erklärt, es ist jedoch kein anderes als dasjenige, was wir bei allen andern Explosionen gleichfalls wahrnehmen. Beim Verbrennen von Knallgas wird auf gleiche

---

1 G. XXXIII. 266.

Weise glühender Wasserdampf gebildet, und wenn dieser sich zu der geringen Masse Wassers vereinigt, entsteht eine verhältnifsmäfsig gleich starke und wohl noch stärkere Explosion durch plötzliche Entweichung oder Bindung der Wärme, die der Zustand der Glühhitze herbeiführte[1], ein Procefs, welcher als allgemein bekannt zwar nicht mehr auffällt, aber dennoch nicht weniger dunkel ist, als der heftige Knall bei der Bildung der Meteormassen aus kosmischem, kometenartigem Nebel, welcher bei stärkerer Glühhitze blofs leuchtet, bei geringerer aber ein wolkenähnliches Ansehn erhält. Ungleich schwieriger aber hat man die Erklärung dieses Phänomens in der Beziehung gefunden, dafs ein so starker Schall in einer so dünnen Luft, wie sie sich in jenen Höhen befinde, wo die Feuerkugeln zerplatzen, gar nicht entstehn könne. Wie bereits gesagt, scheint mir diese Schwierigkeit blofs künstlich herbeigeführt, in der Wirklichkeit aber gar nicht vorhanden zu seyn; denn die Feuerkugeln werden allerdings in Höhen gesehn, wo die Luft zur Erzeugung eines so starken Knalles zu dünn ist, allein dort haben sie dann noch ihre exorbitante Gröfse, die Verminderung ihres Volumens und die hiermit verbundene Explosion erfolgt aber in weit tieferen Regionen. Um dieses zu beweisen, fehlen allerdings die Thatsachen, inzwischen kann ich doch mindestens einen Fall hierzu benutzen. Bei dem Steinregen zu Nantgomery in Maryland vergingen 15 Secunden zwischen dem Knalle und dem Herabfallen der Steine[2], woraus sich mindestens annähernd die Höhe des Zerplatzens berechnen läfst. Nehmen wir die Fallgeschwindigkeit zu 15 par. Fufs, die Fortpflanzung des Schalles in der wärmeren Luft zu 1050 par. Fufs in einer Secunde an und heifst x die Zahl der Secunden, welche der Stein zum Fallen gebrauchte (den Widerstand der Luft, welcher das Resultat nur vermindern würde, nicht beachtet), so ist

$$15x^2 - (15 - x)\ 1050 = 15,$$

woraus die Fallzeit = 12,7 Secunden folgt, die eine Fallhöhe nahe = 2420 Fufs giebt. Hiernach könnte das Zerplatzen anderer Feuerkugeln immerhin in einer 10mal gröfseren Höhe erfolgen und dennoch würde die Luft noch hinlängliche

---

1 Vergl. *Wärme*.

2 Dublin Philos. Journal. N. II. p. 469.

Dichtigkeit zur Erzeugung des Schalles besitzen, da obendrein der Fall in einer lothrechten Richtung angenommen ist, was zuverlässig in der Wirklichkeit selten oder nie statt findet.

M.

Mikrogasometer.

Ein Werkzeug, welches G. G. Schmidt[1] angegeben hat, um die Volumina und Gewichte kleiner Mengen von Gasen, welche sich nicht mit dem Wasser mischen, ebenso genau zu finden, als das spec. Gewicht tropfbarer Flüssigkeiten. Das-
Fig. 278. selbe besteht aus dem bei A zugeschmolzenen Glascylinder AB von etwa 0,5 Z. Weite und 3 Z. Höhe. Auf diesen wird vermittelst der Hülse DD die Kugel C von sehr dünnem Messingblech befestigt, welche oben den feinen, bei E mit irgend einem Zeichen bezeichneten Draht als Stütze der dünnen Schale E trägt. Unten um die Röhre wird der metallene Ring HH gelegt und dieser so abgeglichen, dafs der mit Wasser gefüllte Glascylinder in Wasser von 15° R. (oder einer sonstigen Normaltemperatur) eingesenkt, den Apparat genau bis an das Zeichen bei E herabzieht. Die Kugel mufs den doppelten Inhalt des Cylinders, haben, wonach sich ihr Durchmesser leicht finden läfst. Soll dieses z. B. in Theilen des par. Fufses geschehn, so schleift man den zugeschmolzenen Cylinder unten eben, tarirt ihn auf einer Waage und wiegt ihn mit Wasser von der bestimmten Normaltemperatur gefüllt. Das erhaltene Gewicht wird durch 325,6 Gr. Cöln. = 318,8 Gr. Medicinalgewicht (als dem Gewichte eines Kub.-Z. Wasser bei 15° R.) dividirt und giebt den Kubik-Inhalt des Cylinders. Indem aber $2\,I = \frac{1}{6} d^3 \pi$ ist, wenn 2 I den doppelten Inhalt des Cylinders und d den Durchmesser der Kugel bezeichnet, so erhält man $d = \sqrt[3]{\frac{12\,I}{\pi}}$. Hiernach wird der durch die genannte Division gefundene Inhaltsraum mit 12 multiplicirt, durch 3,14.... dividirt und aus dem erhaltenen Quotienten die Kubikwurzel gezogen, um den Durchmesser

1 Schweigg. Journ. N. F. XIV. 129.

der Kugel zu erhalten. Auch das Gewicht des metallenen Ringes läſst sich in voraus genähert finden, wenn man vom doppelten Gewichte des im Cylinder enthaltenen Wassers das Gewicht des leeren Glascylinders abzieht, wodurch man dasselbe zwar etwas zu groſs erhält, allein dann läſst sich das Instrument nachher desto besser im Wasser von der bestimmten Normaltemperatur genau abgleichen, welches mit der erforderlichen Sorgfalt geschehn muſs.

Läſst man die abzuwägende Gasmenge in den Cylinder, so hebt sich der Apparat und das in die Schale E gelegte Gewicht, durch welches der Apparat wieder bis G einsinkt, drückt das Gewicht des verdrängten Wassers weniger dem Gewichte der Gasart aus. Wird letzteres einstweilen vernachlässigt und heiſst das hineingelegte Gewicht p, so darf man letzteres nur durch das oben angegebene Gewicht eines Kubikzolles Wasser dividiren, um das Volumen des Gases näherungsweise zu finden. Wählt man zur Gewicht-Einheit 0,3256 Gr. Cöln. als das Gewicht von 0,001 Kub.-Zoll Wasser, theilt und vervielfacht diese Gewichte nach 10, so geben die einzelnen Gewichte Zehntel, Hundertstel und Tausendstel eines Kubikzolles unmittelbar. Letztere Gewichte lassen sich am besten aus Draht verfertigen, wovon man ein Ende abschneidet, dessen Gewicht genau bestimmt und dann geometrisch theilt. Will man auch das vernachlässigte Gewicht des Gases mit in Rechnung bringen, so darf nur der gefundene Raum um einen solchen aliquoten Theil vermehrt werden, als das spec. Gew. der gemessenen Gasart beträgt, oder nach der im Art. *Gewicht, specifisches*, enthaltenen Bezeichnung ist das corrigirte Volumen $V' = V(1 + \alpha\gamma)$. Ist endlich die Wasserhöhe von E herabwärts bekannt, wodurch das eingeschlossene Gas comprimirt wird, so können auf der Glasröhre durch die Zahlen 2, 3, 4 die correspondirenden 2, 3, 4.. Lin. Quecksilberhöhe angedeutet werden, wodurch das Gas comprimirt wird. Auf welche Weise das gefundene Volumen auf eine bestimmte Normaltemperatur und einen Normalbarometerstand corrigirt werden müsse, ist bekannt und im Art. *Gewicht, spec. der Gasarten*, ausführlich gezeigt. Mit diesem Apparate könnte auch das spec. Gewicht der Gasarten gefunden werden, wenn man gleiche Volumina atmosphärischer Luft und

Gasarten abwöge, allein für genaue Bestimmungen sind die Volumina zu klein.

M.

Mikrometer.

So heifst jedes Instrument, mit welchem man Gegenstände von sehr kleinen Dimensionen messen kann. Da man aber sehr geringe Dimensionen oder auch den Rand gröfserer Gegenstände nicht mehr mit unbewaffneten Augen scharf genug sehn kann, so sind alle bessere Mikrometer entweder mit Fernröhren, wenn die Gegenstände weit entfernt sind, oder mit Mikroskopen, wenn sie sehr nahe stehn, versehn.

Den beiden letztgenannten Instrumenten verdanken wir vorzüglich die grofsen Fortschritte, welche die Beobachtungskunst in den neueren Zeiten gemacht hat. Unsere Vorgänger vermochten nichts anderes zu messen, als was sie mit unbewaffneten Augen sehn konnten, und dieses ist sehr wenig gegen das, was uns das Fernrohr und das Mikroskop zeigt. Man hat schon öfter die Entdeckung dieser beiden Instrumente — vielleicht die glänzendste unter allen, die je der menschliche Geist gemacht hat, da sie ihm zwei Welten diefs- und jenseit des ihm angewiesenen kleinen Raumes geöffnet hat — man hat diese Entdeckung schon öfter als einen Beweis der Ohnmacht desselben Geistes angeführt, da er sie nicht seinem Scharfsinne, sondern blofs dem blinden Zufalle verdankt, wie denn, nach einer der vielen Erzählungen, die man uns darüber gegeben hat, die planlosen Spiele der Kinder eines Brillenmachers zuerst auf diese den Menschen so lange verborgenen Geheimnisse geführt haben sollen. Auch dürfte es, welche hohe Idee von der geistigen Kraft des Menschen man auch hegen mag, wohl für immer unmöglich seyn, blofs auf dem Wege der theoretischen Speculation Entdeckungen solcher Art zu machen. *Si quis tanta industria exstitisset,* sagt Huyghens in seiner Dioptrik, *ut ex naturae et geometriae principiis Telescopium eruere potuisset, eum ego supra mortalium sortem ingenio valuisse dicendum crederem. Sed hoc tam longe abest, ut hujus fortuito reperti artificii rationem non adhuc satis explicare potuerint viri doctissimi.*

Scheint es doch, als ob der Himmel dieses sein köstlichstes Geschenk, das er den Menschen verliehen hat, denselben wieder mifsgönnt hätte. Denn nicht nur diese Entdeckung selbst wurde so ungemein spät und blofs durch Zufall gemacht, sondern auch der eigentliche Gebrauch des bereits entdeckten Instruments blieb uns viel länger verborgen, als man von dem Eifer, mit welchem man diesen Gegenstand gleich anfangs von allen Seiten verfolgte, hätte erwarten sollen. Das Fernrohr wurde um das Jahr 1590 entdeckt und erst funfzig Jahre später, im J. 1640, lernte man es gehörig gebrauchen und zu eigentlichen Messungen anwenden; ja man kann diese zweite Epoche mit Recht noch volle 30 Jahre später gegen d. J. 1670 setzen, da jene erst unbekannt und blofs auf ihren Urheber beschränkt blieb.

Man hatte sich nämlich, nach der Entdeckung des Fernrohrs und ebenso des Mikroskops, lange Zeit begnügt, diese beiden Werkzeuge blofs zum Sehen zu gebrauchen, und man weifs, wie viel Neues und Unerwartetes Galilei, gleich in den ersten Jahren nach jener Epoche, mit diesen Instrumenten am Himmel gesehn hat. Es war im J. 1610, als er die Gebirge und Thäler des Mondes, die Satelliten Jupiters, die Sonnenflecken, die Lichtphasen der Venus und eine grofse Anzahl früher ganz unbekannter Fixsterne mit seinem übrigens noch sehr unvollkommenen Fernrohre entdeckte. Allein weder er, noch sein scharfsinniger Zeitgenosse Kepler, noch sonst einer der ausgezeichneten Männer jenes Jahrhunderts kam auf die Idee, mit demselben Instrumente, mit welchem man so viel besser sehn konnte, als bisher, nun auch ebensoviel genauer zu messen, und doch war dieses eigentlich der gröfste Vortheil, den man für die Wissenschaft von jener Entdeckung ziehn konnte.

Der erste, der diese Idee hatte, scheint Morin gewesen zu seyn, welcher in seiner *Scientia longitudinum*, die im J. 1634 herauskam, sagte: *Applicatio tubi optici ad alhidadam pro stellis fixis prompte et accurate mensurandis a me excogitata est.* Dieser sonderbare, aber sehr talentvolle Mann war auch der erste, der es im J. 1635 unternahm, die Gestirne den ganzen Tag durch mit seinem Fernrohre zu verfolgen, eine Beschäftigung, die ihm, wie er sagte, ein ganz besonderes Vergnügen gewährte. Jedoch kann diese blofse Anbrin-

gung des Fernrohrs an Quadranten und andern Meſsinstrumenten noch nicht als das, was man eigentlich bedurfte, angesehn werden. Zwar war das bisherige bloſse Sehen, wozu man das Instrument allein gebraucht hatte, durch Morin's Verfahren auch in ein Messen mittelst des Fernrohrs an den Quadranten verwandelt worden, aber ein genaues Messen, z. B. der Höhe eines Gestirns, war noch immer so gut als unmöglich, da man mit einem bloſsen Fernrohre die Gegenstände, welche man messen wollte, nicht genau pointiren konnte. Man muſste sich begnügen, das zu messende Object, etwa nach dem Augenmaſse, in die Mitte des Feldes des Fernrohrs zu bringen, wobei offenbar alle Präcision ausgeschlossen blieb. Huyghens beschreibt in seinem *Systema Saturnium,* das 1659 zu Haag herauskam, eine von ihm erfundene Vorrichtung, die Durchmesser der Planeten und überhaupt kleine Distanzen am Himmel zu messen, wozu er sich eines Messingblattes bediente, das die Gestalt eines gleichseitigen Dreiecks hatte, dessen Winkel an dem Scheitel sehr klein war und das er durch Einschnitte in das Fernrohr so tief einschob, bis der Durchmesser des Planeten von der Breite des Messingblattes genau bedeckt wurde. Der Marchese Malvasia beschreibt in seinen astronomischen Ephemeriden (Modena, 1662) ein Gitter von feinem Draht, das er in dem Brennpunct des Fernrohrs aufstellte und bei welchem er die Distanz der Fäden durch die Zeit bestimmte, die ein Fixstern im Aequator gebraucht, um von einem Faden zum andern zu kommen. Die beiden Pariser Astronomen Auzout und Picard beschrieben in einem Briefe an Oldenburg, vom Jahr 1666, ein Mikrometer, aus zwei seidenen Fäden bestehend, von welchen der eine fest und der andere bewegliche in einen Rahmen gespannt war, den man mittelst einer Schraube auf- und abschieben konnte[1]. Unter Hevel's Nachlaſs fand Hecker[2] in Danzig ein Mikrometer aus parallelen Fäden, deren Abstand man durch eine Schraube messen konnte. Römer's Mikrometer, ebenfalls mit parallelen Fäden, beschreibt Horrebow[3] aus einem um

---

1 Histoire céleste. 1745. p. 2. u. 11. Mém. de l'Acad. de Paris 1717. p. 72. 1787.

2 Acta Eruditorum. Lips. 1708. Mart.

3 Basis astronomica. Cap. 13.

das J. 1676 verfertigten Aufsatze Römer's, in welchem Letzterer erzählt, dafs er dieses Mikrometer zugleich mit Picard auf der Pariser Sternwarte gebraucht habe. Da aber La Hire[1] blofs Picard und Auzout als Erfinder dieses Mikrometers nennt, so glaubt Horrebow, dafs La Hire den Namen Römer's absichtlich verschwiegen habe. Auch Gottfried Kirch erfand im J. 1679 ein sehr einfaches Schraubenmikrometer, das er zuerst in seinem 1696 herausgegebenen Kalender beschreibt. Dieses Mikrometer kam besonders in Deutschland in Gebrauch, da es mit so geringen Kosten verfertigt werden kann. Euler[2] zieht es allen andern vor.

Allein alles bisher Erzählte bezieht sich auf spätere Versuche, und es blieb lange ungewifs, wer zuerst die Idee gehabt hat, Fäden in dem Brennpuncte eines Fernrohrs zur genauern Messung aufzustellen. Erst in unsern Tagen hat endlich Derham[3] gezeigt, dafs der talentvolle und unglückliche Gascoigne, ein Engländer, der in seinem 33sten Jahre in der Schlacht von Marston-Moore starb, zuerst die Entdeckung, von welcher hier die Rede ist, gemacht habe, indem er schon im J. 1640 nicht nur das Fernrohr an seinen Quadranten anbrachte, sondern auch *in dem Brennpuncte des Fernrohrs feine Fäden* befestigte, durch welche er die Gegenstände, welche er beobachtete, in Beziehung auf ihre Gröfse und Lage eigentlich *messen* konnte. Er ging sogar schon so weit, das Innere seines Fernrohrs durch Lampen künstlich zu beleuchten, um jene Fäden auch bei der Nacht sehn zu können. Derham kam in den Besitz der Manuscripte Gascoigne's, in welchen dieser seinen beiden astronomischen Freunden, Crabtree und Horrockes, diese Erfindung klar und deutlich mittheilte, welche Letztere auch sogleich die grofse Wichtigkeit derselben anerkannten. In der That mufs man auch von dieser Epoche an die eigentliche Reform der beobachtenden Astronomie zählen, da von nun an einzelne Secunden beobachtet und gemessen werden konnten, während die Fehler der früheren Astronomen, selbst wenn sie mit einem Fernrohre versehn waren, auf mehrere Minuten zu gehn pflegten.

---

1 Mém. de Paris. 1717.
2 Mém. de l'Acad. de Prusse. 1748. p. 121.
3 Philos. Trans. T. XXV. u. T. XXX. p. 603.

Mit jedem Fernrohre übersieht man nämlich, wenn es in irgend einer Lage festgestellt wird, einen bestimmten, gewöhnlich kreisförmigen Raum, den man das *Feld* des Fernrohrs zu nennen pflegt. Je gröſser dieses Feld bei derselben Vergröſserung der Gegenstände ist, desto besser ist im Allgemeinen das Fernrohr. Ein Fernrohr ist nämlich desto vorzüglicher, erstens je mehr vergröſsert es die Gegenstände zeigt, je heller sie zweitens erscheinen, und je mehr man endlich damit auf einmal übersehn kann. Dieses letztere bestimmt das Feld des Fernrohrs. Allein es geht leider aus der innern Einrichtung eines jeden solchen Instruments hervor, daſs das Feld desselben zunehmend kleiner wird, je mehr die Vergröſserung wächst, so daſs also dieses Feld bestimmte Grenzen hat, die es nicht überschreiten kann und die immer enger werden, je stärker die Vergröſserung ist. Geht man über diese Grenzen hinaus, so erscheinen alle Gegenstände an ihrem Rande gefärbt und undeutlich und man verliert viel mehr an der Klarheit, mit welcher man dann die Gegenstände sieht, als man an der scheinbaren Vergröſserung derselben gewonnen hat. Wenn dieses Hinderniſs nicht statt hätte, so könnte man bei jedem Fernrohre das Feld so groſs machen und die Vergröſserung so weit treiben, als man nur immer will, und wiewohl oft physikalische Marktschreier mit ihren Lampenmikroskopen einen Floh in der Gröſse eines Elephanten darstellen, zur nicht geringen Verwunderung der unwissenden Zuschauer ihrer Kunststücke, so könnte man auch den Mond, die Sonne und alle Planeten in jeder beliebigen Gröſse darstellen, aber immer nur zugleich desto undeutlicher, dunkler und schwächer an Licht, je mehr sie an Dimension gewinnen.

Jenes *Feld* wird eigentlich von einer in ihrer Mitte kreisförmig ausgebohrten metallenen Platte gebildet, welche im Innern des Fernrohrs, senkrecht auf die Länge desselben, angebracht ist. Solcher Platten oder Diaphragmen, wie man sie nennt, giebt es gewöhnlich mehrere in jedem Fernrohre und sie sind bestimmt, diejenigen Seitenstrahlen des auf das Objectiv fallenden Lichts abzuhalten, die den Eindruck der mittleren Hauptstrahlen nur schwächen oder wohl ganz zerstören würden. Das letzte und wichtigste dieser Diaphragmen aber steht unter allen dem Auge (dem Ocular) zunächst, und dieses ist es auch, welches die Gröſse des erwähnten Feldes

bestimmt. Der Ort, wo es im Innern des Fernrohrs angebracht werden soll, ist eben dort, wo die von den äufsern Gegenständen auf das Objectiv fallenden und von diesem auf der andern Seite dieses Glases gebrochenen Lichtstrahlen sich zu einem kleinen Miniaturbildchen von jenen Gegenständen vereinigen, welches Bildchen dann durch die Ocularlinse, wie durch ein gewöhnliches einfaches Mikroskop vergröfsert und in dieser Gestalt unserem Auge zugeführt wird. Man nennt bekanntlich diesen Ort des Fernrohrs, wo jenes kleine Bild erscheint, den *Brennpunct* des Fernrohrs, weil in der That die in diesem Puncte vereinigten Sonnenstrahlen daselbst eine sehr hohe Temperatur erzeugen und dadurch selbst andere Gegenstände, wenn sie in jenen Punct gebracht werden, wie in dem Brennpuncte eines gewöhnlichen Brennglases oft sehr schnell entzünden.

Aber nicht nur die äufsern Objecte, welche man durch das Fernrohr betrachtet, werden in dem Brennpuncte desselben äufserst scharf und deutlich abgebildet, sondern, und dieses ist hier der wesentliche Umstand, auch jeder andere Gegenstand wird, wenn er in diesen Brennpunct des Fernrohrs gebracht worden ist, daselbst sehr gut und scharf begrenzt gesehn. Ein feines Haar z. B., welches man als eine Sehne jenes kreisförmigen Diaphragma's in einer durch den Brennpunct auf die Axe des Fernrohrs senkrecht gehenden Ebene ausgespannt hat, erscheint daselbst, auch wenn es, wie z. B. ein feiner Silberdraht, an sich selbst blendend weifs ist, ganz schwarz, scharf begrenzt und, was vorzüglich wichtig ist, fest und unverrückt. Wenn man nämlich ein solches Fernrohr z. B. auf die Spitze eines Thurms richtet und so stellt, dafs jener Faden genau die verticale Axe dieser Spitze schneidet, so kann man das Auge vor dem ruhig stehenden Fernrohre auf und ab oder rechts und links verrücken, ohne dafs der Faden, in Beziehung auf die Thurmspitze, seine Lage ändert. Ja man erkennt sogar an dieser Unveränderlichkeit des Fadens bei jener Bewegung des Auges die wahre, durch den Brennpunct gehende Stellung des Fadens, so dafs, wenn man noch eine kleine Beweglichkeit des Fadens bemerkt, man ihn so lange vor- oder rückwärts richten mufs, bis er völlig unbeweglich wird, d. h. bis er genau durch den Brennpunct des Fernrohrs geht.

Man erkennt nun von selbst die Wichtigkeit einer solchen Vorrichtung, sobald es sich darum handelt, einen Gegenstand durch das Fernrohr nicht bloſs besser sehn, sondern auch zugleich messen zu wollen, so wie man ohne weitere Erinnerung sieht, daſs jedes brauchbare Mikrometer, sofern es mit einem Fernrohre in Verbindung gebracht werden soll, in dem Brennpuncte desselben aufgestellt werden müsse.

Es handelt sich daher nur noch darum, welcher Art diese Vorrichtung seyn soll, damit man mit ihrer Hülfe die Gegenstände zugleich sicher und bequem messen kann. Dieſs führt uns demnach zu den verschiedenen Gattungen von Mikrometern, von denen wir nur die vorzüglichsten kurz angeben wollen.

I. *Paralleles Fadennetz.* Dieses besteht in einer, gewöhnlich ungeraden, Anzahl von einander parallelen Fäden, die in einer durch den Brennpunct senkrecht auf die Axe des Fernrohrs gelegten Ebene ausgespannt werden. Man bedient sich derselben in Meridianinstrumenten, wo man diese Fäden auf den Horizont vertical stellt, oder in parallaktisch aufgestellten Instrumenten[1], wo man sie auf die Ebene des Aequators senkrecht, also mit den Declinationskreisen der Gestirne parallel stellt. Gewöhnlich verbindet man damit noch einen andern durch die Mitte des Feldes jene Fäden senkrecht durchschneidenden Faden, der daher in jenen Instrumenten mit dem Horizonte und in diesen mit dem Aequator parallel ist. An diesem letzten kann man dann die Höhe oder die Declination und an jenen ersten, unter sich parallelen Fäden die Differenz der Stundenwinkel oder die Azimuthe beobachten. Geht nämlich z. B. ein Fixstern durch den einen dieser parallelen Fäden in der Zeit t und später ein Planet in der Zeit t′ durch denselben Faden, so ist die *Differenz der Rectascension* dieser beiden Gestirne zur Zeit der Beobachtung des Planeten gleich $t' - t$ in Zeitsecunden ausgedrückt oder gleich $15(t' - t)$ Raumsecunden, wenn nämlich auch die beiden Zeiten t und t′ in Zeitsecunden ausgedrückt sind. Kennt man daher, wie gewöhnlich, bereits die Rectascension des Fixsterns, so ist dadurch auch die des Planeten gegeben.

Um diese wichtigen Beobachtungen mit gröſserer Schärfe

1 Vergl. *Aequatoreal.* Bd. I. S. 215.

anzustellen, beobachtet man beide Gestirne an allen jenen unter sich parallelen Fäden und nimmt aus den sämmtlichen Durchgangszeiten das arithmetische Mittel. Wenn z. B. drei solcher Fäden vorhanden sind und wenn man folgende Durchgänge beobachtet hätte:

	von dem Fixsterne	von dem Planeten
an dem Faden I . . .	7^h 32′ 13″,1 . .	7^h 41′ 48″,2
II . . .	32 25, 3 . .	42 0, 3
III . . .	32 37, 2 . .	42 11, 8
Mittel	7^h 32′ 25″,2 . .	7^h 42′ 0″, 1

Die Differenz der beiden Mittel giebt zugleich die Differenz der Rectascension der beiden Gestirne, die gleich 0^h 9′ 34″, 9 oder im Raume gleich 2° 23′ 43″,5 ist.

Das vorhergehende einfache Verfahren setzt aber zwei Bedingungen voraus. Erstens daſs die Uhr, die man bei diesen Beobachtungen gebraucht hat, genau nach *Sternzeit*[1] geht. Wenn aber die Uhr in einem Sterntage nicht volle 24 Stunden, sondern z. B. $24^h + \Theta$ giebt, wo Θ in Secunden ausgedrückt die tägliche Acceleration der Uhr genannt wird, so wird man statt des vorhergehenden einfachen Factors 15 die Zahl $15 - 0{,}0001736\ \Theta$ nehmen und damit die Gröſse $(t' - t)$ multipliciren, um sie in Raumsecunden zu verwandeln. Giebt aber die Uhr in einem mittleren Sonnentage $24^h + \Theta$, wo also wieder die hier immer als klein vorausgesetzte Gröſse Θ die tägliche Acceleration einer nahe genau nach mittlerer Zeit gehenden Uhr heiſst, so wird der statt 15 zu substituirende Factor $15{,}04107 - 0{,}0001741\ \Theta$ seyn. Sollte die Uhr in beiden Fällen täglich um Θ Secunden hinter ihrer Zeit zurückbleiben, wo also Θ die tägliche Retardation der Uhr ist, so wird man in den beiden vorhergehenden Ausdrücken die Gröſse Θ negativ setzen.

Zweitens setzt aber auch jenes Verfahren voraus, daſs die zwei äuſsersten von jenen drei Fäden gleichweit von dem mittleren entfernt sind. Zwar könnte man auch dann, wenn diese Distanzen ungleich sind, noch immer das Mittel aus allen drei Fadenbeobachtungen nehmen, wie zuvor, aber dann würde dieses Mittel nicht mehr, wie man doch will, gleichsam als eine dreifache (also auch im Allgemeinen dreimal bessere)

1 S. Art. *Sternzeit.* Bd. VIII.

Beobachtung der Zeit des Mittelfadens, sondern sie würde als die Beobachtung an einem bloſs imaginären Faden zu betrachten seyn. Um diesen Uebelstand, wenn es einer ist, zu beseitigen, wird man also zuerst die Distanz eines jeden der beiden äuſsern Fäden von dem mittlern durch irgend eine andere Beobachtung bestimmen müssen. Gesetzt man habe auf diese Weise gefunden, daſs die Distanz des ersten Fadens vom mittleren gleich a und die des mittlern vom dritten gleich b Secunden sey, und man habe dann den Durchgang irgend eines Gestirns durch den I., II., III. Faden in derselben Ordnung um die Zeiten t, t′, t″ beobachtet. Dieses vorausgesetzt wird man, wie man leicht sieht, für diese drei Beobachtungszeiten, wenn man sie alle auf den mittlern Faden reducirt, die folgenden Zeiten erhalten:

$$t + \frac{a}{\text{Cos.}\,\delta},$$

$$t',$$

$$t'' - \frac{a}{\text{Cos.}\,\delta},$$

wo δ die Declination des Gestirns bezeichnet. Demnach wird also auch das Mittel aus allen drei Beobachtungen seyn

$$\frac{t + t' + t''}{3} \quad \frac{a - a'}{3\,\text{Cos.}\,\delta}$$

oder $\frac{a - a'}{3\,\text{Cos.}\,\delta}$ wird die Correction seyn, die man mit ihrem Zeichen an dem Mittel der drei Beobachtungszeiten

$$T = \tfrac{1}{3}(t + t' + t')$$

anbringen muſs, um eine Beobachtung an dem Mittelfaden zu erhalten, die im Allgemeinen einen dreifach gröſseren Werth hat, als jede der drei vorhergehenden einzelnen Beobachtungen. Hätte man fünf Fäden und wären t, t′, t″ t‴ und t^{IV} die an ihnen gemachten Beobachtungszeiten, so wie a und a′, b und b′ in derselben Ordnung die Distanzen des mittleren Fadens von dem I., II., IV. und V., so wird man an das Mittel der Beobachtungszeiten

$$T = \tfrac{1}{5}(t + t' + t'' + t''' + t^{IV})$$

die Correction $\frac{1}{5\,\text{Cos.}\,\delta}(a + a' - b - b')$ mit ihrem Zeichen setzen, um gleichsam eine fünffache Beobachtung an dem Mittelfaden zu erhalten.

Da das hier Gesagte allem Folgenden dieses für das ganze Gebiet der Physik und Astronomie sehr wichtigen Artikels zu Grunde liegt, so wird es nicht unangemessen seyn, zu zeigen, auf welche Weise auch noch die Gröſsen a oder b, das heiſst die Distanzen zweier Fäden oder überhaupt zweier fester Puncte im Felde des Fernrohrs, bestimmt werden können. Sey AB diese Distanz und sey AP = p und BP = p′ die Poldistanz der beiden Endpuncte A und B von dem Pole P des Aequators. Man lasse nun die Linie AB durch irgend einen fixen Declinationskreis, z. B. durch den Meridian, gehn und bemerke die Zwischenzeit Θ in Sternzeitsecunden, während welcher die Puncte A und B durch den Meridian gegangen sind. Da diese Zwischenzeit, in Raumsecunden ausgedrückt, offenbar gleich dem Winkel APB ist, so kennt man in dem sphärischen Dreiecke ABP zwei Seiten mit dem eingeschlossenen Winkel APB = 15t, also ist auch, wenn man die gesuchte dritte Seite AB durch a bezeichnet, Fig. 279.

$$\text{Cos.}\,a = \text{Cos.}\,p\,\text{Cos.}\,p' + \text{Sin.}\,p\,\text{Sin.}\,p'\,\text{Cos.}\,15\Theta$$

oder auch

$$\text{Sin.}^2\tfrac{1}{2}a = \text{Sin.}^2\frac{p'-p}{2} + \text{Sin.}\,p'\,\text{Sin.}\,p\,\text{Sin.}^2\tfrac{15}{2}\Theta.$$

Für den gewöhnlichen Fall, wo die gesuchte Linie AB schon mit dem Aequator parallel ist, wie dieses bei der Distanz der erwähnten parallelen Fäden vorausgesetzt wird, hat man p = p′ und daher

$$\text{Sin.}\,\tfrac{1}{2}a = \text{Sin.}\,p\,\text{Sin.}\,\tfrac{15}{2}\Theta,$$

oder wenn, wie zuvor, δ die Declination der dem Aequator parallelen Linie AB heiſst,

$$\text{Sin.}\,\tfrac{1}{2}a = \text{Cos.}\,\delta\,\text{Sin.}\,\tfrac{15}{2}\Theta,$$

und dieser Ausdruck ist ganz genau, wie groſs auch die Linie AB seyn mag. Ist aber die zu messende Distanz AB, wie dieses in der That meistens der Fall ist, nur klein, so kann man statt der letzten Gleichung auch die folgende anwenden

$$a = 15\Theta.\text{Cos.}\,\delta.$$

Beobachtet man nun einen dem Pole nahen Stern, z. B. den Polarstern, dessen Declination δ man sehr genau kennt, und findet man, daſs die Sternzeit, die er gebraucht, von einem jener Fäden zum nächstfolgenden zu kommen, Θ Secunden beträgt, so ist die gesuchte Distanz a dieser zwei Fäden

$$a = 15\,\Theta . \mathrm{Cos.}\,\delta$$

und dieses ist der Werth von a, den man in den oben gegebenen Ausdrücken anwenden muſs, um die an den Seitenfäden beobachtete Zeit auf den Mittelfaden zu bringen.

Ehe wir weiter gehn, wollen wir noch kurz anzeigen, auf welche Weise man die Ebene dieser sowohl, als auch die aller folgenden Netze genau in den Brennpunct des Fernrohrs bringen kann. Zu diesem Zwecke stelle man zuerst das Ocular des Fernrohrs so, daſs man damit gut begrenzte und sehr entfernte Gegenstände deutlich sieht. Hierzu eignen sich vorzüglich die Doppelsterne. Wenn man dann, bei dieser Stellung des Oculars, die Fäden nicht ganz schwarz, rein und scharf begrenzt sieht, so nähert oder entfernt man das ganze Netz (durch eigens dazu vorgerichtete Schrauben) von dem Oculare so lange, bis sie völlig schwarz und scharf erscheinen. Stellt man dann einen dieser Fäden auf ein wohl bestimmtes, sehr entferntes terrestrisches Object, z. B. auf die Spitze eines Thurms, und bewegt man das Auge vor der Oeffnung des Oculars so weit als möglich auf und ab oder rechts und links, so wird der Faden noch etwas zu nahe am Oculare stehn, wenn bei jener Bewegung des Auges Auge und Bild des Objects auf dieselbe Seite des Fadens zu gehn scheint, und umgekehrt, wodurch man daher die Ebene des Netzes mit der gröſsten Schärfe an ihren wahren Ort im Fernrohre bringen kann.

II. *Netze mit gegen einander geneigten Fäden.* Das bisher beschriebene Netz mit parallelen Fäden ist bloſs, wie man sieht, zur Bestimmung der Rectascensionsdifferenz der Gestirne geeignet. Wenn man aber diese Fäden gegen einander unter bekannten Winkeln neigt, so kann man an einem solchen Netze sowohl die Differenz der Rectascension, als auch die der Declination erhalten und daher den Ort des Gestirns am Himmel vollständig bestimmen. Dieses Vortheiles wegen haben sich die Astronomen des letztverflossenen Jahrhunderts besonders bemüht, die sicherste und bequemste Art dieser Netze, deren es natürlich unzählig viele giebt, aufzufinden und sie mit der hier nothwendigen Präcision zu construiren, da jeder Fehler, den man in ihrer Construction begangen hat, in dem Brennpuncte des Fernrohrs gewöhnlich sehr stark vergröſsert erscheint.

A. Netz mit zwei geneigten Fäden.

Nehmen wir zuerst nur zwei solche Fäden CS und CT an, die unter einem gegebenen Winkel SCT = m gegen einander ausgespannt sind. Fig. 280. Nennen wir t und t' die Sternzeiten, welche zwei bekannte Sterne gebrauchen die Sehnen AB und A' B' zu durchlaufen, vorausgesetzt, dafs man diese Zeiten schon durch 15 Cos. Decl.* multiplicirt hat. Sey ebenso t'' die auf dieselbe Weise reducirte Zeit, die ein noch unbekanntes Gestirn, z. B. ein Komet, gebraucht, um die Sehne A'' B'' zu durchlaufen. Man ziehe die auf diese Wege der Gestirne senkrechten Linien Ab = d, A'b' = d', so ist d — d' = d'' die bekannte Differenz der Declinationen der beiden Fixsterne. Endlich ziehe man durch C eine den gegebenen Winkel SCT = m halbirende Gerade CP. Setzt man alsdann den Winkel dieser Geraden mit den Parallelkreisen AB, A'B' .... der Sterne, d. h. setzt man den Winkel BPC = x, so findet man diesen Winkel durch folgende einfache Gleichung

$$\text{Cos.}\,2x = \text{Cos.}\,m - \frac{2d''\ \text{Sin.}\,m}{t' - t}$$

und dadurch ist also auch die Lage des Netzes SCT gegen die Parallelkreise der Gestirne gegeben. Dieses vorausgesetzt ist die Declinationsdifferenz d zwischen dem Kometen und dem ersten Fixsterne

$$d = \frac{(t'' - t) \,.\, d''}{t' - t}$$

und ebenso die Declinationsdifferenz d' zwischen dem Kometen und dem zweiten Fixsterne

$$d' = \frac{(t'' - t') \,.\, d''}{t' - t}.$$

Um ebenso die Rectascensionsdifferenz dieser Gestirne zu finden, hat man, wie man leicht aus den ebenen Dreiecken der Zeichnung findet,

$$A''b = \tfrac{1}{2}(t'' - t)\ \frac{\text{Sin.}\,2x + \text{Sin.}\,m}{\text{Sin.}\,m}$$

und

$$A''b' = \tfrac{1}{2}(t'' - t')\ \frac{\text{Sin.}\,2x + \text{Sin.}\,m}{\text{Sin.}\,m} = \frac{t'' - t'}{t'' - t} \,.\, A''b.$$

Dieses vorausgesetzt sey T, T', T'' der Augenblick, wo der

erste und der zweite Stern und wo der Komet in den Puncten A, A', A'' durch den ersten Faden CS ging, so hat man für die gesuchte Differenz der Rectascension zwischen dem Kometen und dem ersten Sterne

$$T'' + A'' b - T$$

und zwischen dem Kometen und dem zweiten Sterne

$$T'' + A'' b' - T'.$$

Man sieht, dafs man den zweiten der beiden Fixsterne nur zur Bestimmung der Lage des Netzes gegen den Declinationskreis oder überhaupt gegen den Aequator gebraucht. Wäre diese Lage, d. h. wäre der Winkel x schon bekannt, so würde ein einziger Stern genügen, die Rectascension und Declination des Kometen zu finden. Hätte man z. B., was das Einfachste ist, die den Winkel m halbirende Linie CP (die in dem Netze wieder durch einen dritten Faden vorgestellt seyn kann) so gestellt, dafs sie auf den Parallelkreisen der Gestirne senkrecht stände, hätte man also $x = 90^\circ$, so würden die vorhergehenden zwei Gröfsen A''b und A''b' in folgende einfache übergehn

$$A'' b = \tfrac{1}{2}(t'' - t) \text{ und } A'' b' = \tfrac{1}{2}(t'' - t').$$

B. Netz mit drei geneigten Fäden.

Da es aber in der Ausführung schwer ist, den Winkel zweier Fäden durch einen dritten, mit der hier unentbehrlichen grofsen Schärfe zu halbiren so wollen wir noch den Gebrauch eines andern Netzes zeigen, das aus drei unter *willkürlichen* Winkeln gegen einander geneigten Fäden besteht. Fig. 281. Seyen AD, BD, CD diese drei Fäden, die sich alle in dem Puncte D schneiden. Sey der Winkel der beiden ersten Fäden ADB = m und der der beiden letzten BDC = n. Nennen wir wieder, wie zuvor, die Sehnen, welche die durch dieses Netz gehenden Gestirne beschreiben, nachdem man sie durch 15 Cos. Decl. * multiplicirt hat, für den bekannten Fixstern AB = t und BC = Θ und für den in seiner Lage noch unbekannten Kometen A' B' = t' und B' C' = Θ' und sey auch hier wieder der Winkel des mittlern Fadens mit dem Parallelkreise DBC = DB'C' = x.

Hier genügt demnach schon ein einziger Fixstern, weil man drei Fäden hat, an denen allen man die Durchgänge der

Sterne beobachtet, so dafs die vier Linien t, t' und Θ, Θ' genügen, nicht nur die Lage des Netzes am Himmel, sondern auch die des Kometen gegen den bekannten Fixstern zu bestimmen.

Man findet nämlich zuerst für den Winkel x die Gleichung

$$\text{Cotg.}(x-m)=\frac{t\,\text{Sin.}\,n-\Theta'\,\text{Sin.}\,m\,\text{Cos.}\,(m+n)}{\Theta'\,\text{Sin.}\,m\,\text{Sin.}\,(m+n)}.$$

Ist so der Werth von x bekannt, so findet man den senkrechten Abstand $A'\alpha = B'\beta = C'\gamma = d$ der beiden Parallelkreise, d. h. die Declinations-Differenz der beiden Gestirne durch den Ausdruck

$$d=(t-t')\frac{\text{Sin.}\,x\,\text{Sin.}\,(x-m)}{\text{Sin.}\,m.}.$$

Um endlich noch den Rectascensions-Unterschied der beiden Gestirne zu finden, hat man

$$A\alpha=(t-t')\frac{\text{Sin.}\,x\,\text{Cos.}\,(x-m)}{\text{Sin.}\,m},$$

$$B\beta=\frac{\Theta}{t}(t-t')\frac{\text{Sin.}\,(x+n)\,\text{Cos.}\,x}{\text{Sin.}\,n}$$

und

$$C\gamma=\frac{\Theta}{t}(t-t')\frac{\text{Cos.}\,(x+n)\,\text{Sin.}\,x}{\text{Sin.}\,n}.$$

Bezeichnet man daher wieder durch A, B, C und durch A', B', C' die Zeitmomente, wo der Fixstern durch die drei Fäden in den Puncten A, B, C und wo der Komet durch dieselben in den Puncten A', B', C' gegangen ist, so hat man für die Differenz der Rectascension beider Gestirne

$$A+A\alpha-A' \text{ oder}$$
$$B+B\beta-B' \text{ oder endlich}$$
$$C+C\gamma-C'.$$

Einfacher werden diese Ausdrücke, wenn man die beiden Winkel m und n einander gleich setzt. Man erhält dann, ohne zuvor den Werth von x zu berechnen, folgende Gleichungen:

$$d=\frac{\Theta'(t-t')(t+\Theta')\,\text{Sin.}\,2m}{t^2-2t\Theta'\,\text{Cos.}\,2m+\Theta'^2},$$

$$A\alpha=\frac{d.(t-\Theta'\,\text{Cos.}\,2m)}{\Theta'\,\text{Sin.}\,2m},$$

$$B\beta=\frac{d.(t-\Theta')}{t+\Theta'}.\text{Cotg.}\,m$$

und

$$C\gamma = -\frac{d.(t - \Theta' \operatorname{Cos}.2m)}{\Theta' \operatorname{Sin}.2m}.$$

Wenn man in diesen letzten Gleichungen dem Winkel m einen bestimmten Werth giebt, so erhält man die verschiedenen Netze, die man für den hier in Rede stehenden Zweck vorgeschlagen hat. Wir wollen davon nur die zwei vorzüglichsten anführen.

Fig. 282. Seyen C und D die Mittelpuncte zweier gegenüberstehenden Seiten eines Quadrats. Man ziehe aus jedem dieser Mittelpuncte zwei gerade Linien nach den gegenüberstehenden Ecken a, b und c, d, so bilden diese vier Linien ein rautenförmiges Viereck CDEF, welches das Bradley'sche Netz heifst, weil es von diesem Astronomen zuerst vorgeschlagen und später in beinahe allgemeinen Gebrauch gekommen ist. Zieht man noch durch jene beiden Puncte C und D den dritten Faden CD, so ist der Winkel CDa = CDb = m von einer solchen Gröfse, dafs man hat Tang. m $= \frac{1}{2}$, also auch Sin. m $= \frac{1}{\sqrt{5}}$ und Cos. m $= \frac{2}{\sqrt{5}}$. Substituirt man diese Werthe in den vorhergehenden allgemeinen Ausdrücken, so erhält man für das Bradley'sche Netz

$$\operatorname{Tang}.x = -\frac{1}{2}\frac{(t+\Theta)}{t-\Theta};\quad d = \frac{4\Theta(t-t')(t+\Theta)}{5(t^2+\Theta^2)-6t\Theta};$$

$$A\alpha = d.\frac{(5t-3\Theta)}{4\Theta};\quad B\beta = 2d.\frac{(t-\Theta)}{t+\Theta};\quad C\gamma = d.\frac{(3t-5\Theta)}{4t}.$$

Für den einfachsten Fall, wo die Diagonale CD des Bradley'schen Netzes mit dem Declinationskreise des Sterns parallel oder senkrecht auf den Aequator gestellt worden ist, hat man $x = 90°$, also auch $\Theta = t$, so dafs daher für diesen Fall die vorhergehenden Ausdrücke in die folgenden, äufserst einfachen, übergehn:

$$d = 2(t - t'),$$
$$a = t - t',$$
$$b = 0,$$
$$c = t' - t.$$

Fig. 283. Ist aber, wie Burckhardt zuerst vorgeschlagen hat, das Netz CDEF selbst ein vollkommenes Quadrat, so ist der Winkel CDE = CDF = m = 45°, also hat man auch für dieses Netz

$$\text{Tang.}\,(x-45^\circ)=\frac{\Theta}{t};$$

$$d=\frac{\Theta(t-t')(t+\Theta)}{t^2+\Theta^2};$$

$$A\alpha=\frac{d.t}{\Theta};\; B\beta=d.\frac{(t-\Theta')}{t+\Theta'};\; C\gamma=-\frac{d.t}{\Theta}.$$

Stellt man wieder die Diagonale CD senkrecht auf den Parallelkreis der Sterne, so ist $x=90^\circ$, also $\Theta=t$ und daher

$$d=t-t';\; A\alpha=d;\; B\beta=0 \text{ und } C\gamma=-d.$$

Die vorhergehenden Ausdrücke können, mit einigen leichten Modificationen, auch auf die Durchgänge der Sterne durch die Seitenfäden Ec, Fd, Eb und Fa angewendet werden. Da es dem Künstler schwer fällt, die Winkel in C und D von gleicher und überdiefs von einer bestimmten Gröfse zu machen, so wird es besser seyn, die in diesen Winkeln etwa noch zurückgebliebenen Fehler unmittelbar durch astronomische Beobachtungen zu bestimmen, wozu man ein Sternpaar anwenden kann, dessen Declinations-Unterschied genau bekannt ist. Fig. 282.

III. *Kreismikrometer.* Alle vorhergehenden Mikrometer haben den doppelten Nachtheil, dafs ihre Construction mit der hier nothwendigen Genauigkeit schwer auszuführen ist und dafs man bei ihrem Gebrauche zur Nachtzeit das Innere des Fernrohrs beleuchten mufs, um die meistens sehr feinen Fäden noch sehn zu können, wodurch aber oft die lichtschwachen Gestirne, z. B. die neuern Planeten, wieder unsichtbar gemacht werden. Von beiden Fehlern frei ist das *Kreismikrometer*, welches in seiner einfachsten Form blofs in dem völlig kreisrund ausgedrehten, dem Oculare nächsten Diaphragma besteht, durch welches das Feld der Fernrohrs bestimmt wird und von dem wir bereits oben gesprochen haben. Bequemer aber für die Beobachtungen ist ein eigener Ring, von etwas kleinerem Durchmesser, als jener des erwähnten Diaphragma's, so dafs man die zu beobachtenden Sterne zwischen dem Diaphragma und dem äufsern Rande des Ringes sehn und dadurch sich auf ihre Beobachtung des Durchgangs durch den Ring gehörig vorbereiten kann. Ist dieser Ring auf beiden Seiten vollkommen kreisförmig abgedreht, so erhält man dadurch zwei Kreise, also auch für jeden Stern eine doppelte

Beobachtung. Da diese Sterne, wenn sie in den äufsern Rand des Ringes treten, plötzlich verschwinden und dann so lange unsichtbar bleiben, bis sie in den innern Rand des Ringes kommen, wo sie ebenso plötzlich wieder hervortreten, so ist offenbar keine Beleuchtung im Innern des Fernrohrs zu den Beobachtungen nothwendig. Was aber die Construction der Kreise auf unseren neuern Drehbänken betrifft, so weifs man, dafs sie sich mit grofser Präcision ausführen läfst und dafs es unsern Künstlern viel leichter wird, einen genauen Kreis, als eine gerade Linie oder eine ebene Fläche darzustellen, wenn auch die letzte nur eine geringe Dimension hat. Zwar mufs ein solcher Ring, bevor er auf dem sogenannten Soupport abgedreht wird, an seinen Träger angekittet oder sonst auf irgend eine Art befestigt, also auch, wenn er vollkommen abgedreht ist, wieder von seinem Träger abgenommen werden. Da aber diese Abnahme eines feinen und sehr wenig Masse haltenden Ringes nie ohne einige Gewalt geschehn kann, so wird dadurch auch der vollkommenste Ring leicht wieder verbogen, und darin liegt auch wohl der Grund, warum das Kreismikrometer so lange nach seiner Entdeckung aufser Gebrauch geblieben ist und warum selbst in unsern Tagen noch Delambre[1] so wenig Vertrauen auf dasselbe setzt, indem er es unter allen Mikrometern *le plus simple et quelquefois le moins sûr de tous* nennt, ein Urtheil, das durch die neuesten Beobachtungen, vorzüglich deutscher Astronomen, bereits hinlänglich widerlegt worden ist. Wir begnügen uns nur hinzuzusetzen, dafs Fraunhofer eine neue Art der Construction dieser Mikrometer erfunden hat, wodurch jene so leicht zu besorgende Verbiegung vollkommen entfernt wird, indem er nämlich den Stahlring, wenn er schon sehr nahe die erforderliche Form hat, in die runde Oeffnung eines planen Spiegelglases durch Einreiben befestigt und dann die zu beiden Seiten des so fixirten Ringes hervorstehenden scharfen Ränder desselben au dem Soupport vollkommen kreisförmig abdreht und das Glas sammt seinem Ringe auf den Ort des Oculars befestigt, auf welchen der Brennpunct des Fernrohrs fällt. Dieses hat zugleich den Vortheil, dafs jeder Beobachter die beiden Linsen des Oculars für sein Auge gehörig einstellen

1 Astronomie théor. et prat. T. I. p. 94.

kann, bis er die Objecte am deutlichsten sieht, ohne dadurch den scheinbaren Durchmesser des Ringes zu verändern.

Demselben grofsen Künstler schien es auch noch wünschenswerth, statt zwei Kreisen deren mehrere zu haben, um die Beobachtungen daran zu vervielfältigen. Da sich dieser Zweck nicht gut mehr mit Ringen von Metall, deren jeder durch feine Nadeln an dem Diaphragma des Fernrohrs befestigt werden mufs, ausführen läfst, so gerieth er auf die Idee, mehrere concentrische Ringe auf ein Spiegelglas zu reifsen oder zu ätzen. Allein er konnte es lange nicht dahin bringen, die *ganze* Peripherie dieser Kreise, nachdem sie mit ihrem Glase in das Fernrohr gebracht waren, in allen ihren Theilen gleich gut sichtbar zu machen. Gewöhnlich sah man nur eine Hälfte oder selbst ein Drittel dieser Peripherieen, während das Uebrige beinahe ganz unsichtbar blieb. Durch einen Zufall entdeckte er aber eines Tages, als er eben ein älteres Ocular an ein Fernrohr brachte, durch dasselbe eine krumme, in mehrere Knoten geschlungene Linie, die in allen ihren Theilen gleich gut sichtbar war. Als er die Oberfläche des Oculars mit einem Mikroskope untersuchte, fand er, dafs diese Curve von einer Lage feinen Staubes gebildet wurde, dessen kleine Körnchen sich in dieser krummen Linie neben einander gelagert hatten. Dadurch aufmerksam gemacht verfertigte er sich ein eigenes Instrument, durch welches er jene concentrischen Kreise auf das Glas so tragen konnte, dafs die Peripherie dieser Kreise nicht mehr, wie zuvor, eine stetige krumme Linie war, sondern dafs sie durchaus nur aus sehr nahen an einander stehenden isolirten Puncten bestand, um dadurch gleichsam die Construction jener Linie aus Staubkörnern nachzubilden. Schon sein erster Versuch hatte den günstigsten Erfolg, indem er jetzt bei allen Kreisen die ganze Peripherie gleich deutlich sehn konnte. Doch scheinen diese neuen Kreismikrometer noch wenig in Aufnahme zu kommen, wahrscheinlich weil der Künstler, in der Freude über seine gelungene Unternehmung, zu viel solcher concentrischer Kreise, wohl zwölf und mehr, auf seiner Glasplatte angebracht hatte, wodurch leicht Irrungen herbeigeführt und die Beobachtungen erschwert werden. Vielleicht wird man bald wieder auf sie zurück kommen und sie dann allen andern vorziehn, besonders wenn die Beleuchtung derselben von der Seite des Oculars

eingeführt werden wird, die man bisher nur bei den sehr vollkommen gearbeiteten Positions-Mikrometern anzuwenden pflegte, von welchen wir weiter unten sprechen werden.

Das Erste, was man vor dem Gebrauche eines Kreismikrometers vornehmen mufs, ist die Bestimmung seines Halbmessers. Zu diesem Zwecke wird man am besten zwei Fixsterne von nicht zu blendendem Lichte wählen, deren Declinationsdifferenz genau bekannt ist. Sey δ die Declination des einen dieser Sterne und t die halbe Sternzeit zwischen dem beobachteten Ein- und Austritte dieses Sterns in dem Ringe. Man setze der Kürze wegen $a = 15t \text{ Cos.} \delta$. Für den zweiten Stern seyen dieselben Gröfsen δ', t' und $a' = 15t'. \text{Cos.} \delta'$.

Dieses vorausgesetzt suche man zuerst die beiden Winkel m und m' aus den Gleichungen

$$\text{Tang.} \frac{m' + m}{2} = \frac{a' + a}{\delta' - \delta}$$

und

$$\text{Tang.} \frac{m' - m}{2} = \frac{a' - a}{\delta' - \delta}$$

und dann ist der gesuchte Halbmesser r des Ringes

$$r = \frac{a}{\text{Sin. } m} = \frac{a'}{\text{Sin. } m'} = \frac{\delta' - \delta}{2 \text{ Cos.} \frac{m' + m}{2} \text{ Cos.} \frac{m' - m}{2}}$$

oder auch

$$r = \frac{a' + a}{2 \text{ Sin.} \frac{m' + m}{2} \text{ Cos.} \frac{m' - m}{2}} = \frac{a' - a}{2 \text{ Cos.} \frac{m' + m}{2} \text{ Sin.} \frac{m' - m}{2}}.$$

Da die Bestimmung des Halbmessers allen folgenden Beobachtungen zum Grunde liegt, so soll sie mit der gröfsten Schärfe vorgenommen werden. Die zwei vorzüglichsten Fehlerquellen, welche hier zu befürchten sind, bestehn in einer unrichtigen Declinationsdifferenz der gewählten Sterne und in den Fehlern des Sehens oder Hörens bei den Beobachtungen. Die erste Quelle ist jetzt leicht zu vermeiden, da man bereits eine so grofse Anzahl Sterne hat, deren Declination sehr genau bekannt ist. Nicht so verhält sich die Sache mit den Beobachtungsfehlern. Man sieht aber, dafs diese Fehler dann am wenigsten nachtheiligen Einflufs auf das Resultat, auf den gesuchten Werth von r haben werden, wenn man die beiden

Sterne so gewählt hat, dafs ihre Declinationsdifferenz nahe gleich dem Durchmesser des Ringes oder dafs $\delta' - \delta$ nahe gleich $2r$ ist, so dafs also jeder der beiden Sterne während der Beobachtung nur eine sehr kleine Sehne, die eine über, die andere unter dem Mittelpuncte des Ringes beschreibt. Für diesen Fall, wo die beiden Sehnen t und t' in der That sehr klein sind, kann man auch die vorhergehenden Ausdrücke zur Rechnung noch bequemer machen. Nennt man nämlich $P = \delta' - \delta$ und $Q = 15 . \text{Cos.} \frac{\delta' + \delta}{2}$, so erhält man für diesen Fall

$$2r = P + \frac{Q^2}{P}(t^2 + t'^2) - 2\frac{Q^4}{P^3} . t^2 t'^2 .$$

Auch läfst sich der Durchgang der Sonne durch den Ring des Mikrometers zur Bestimmung des Durchmessers dieses Ringes benutzen. Ist nämlich Θ und Θ' die wahre Sonnenzeit zwischen den beiden äufsern und den beiden innern Berührungen der Sonne und des Ringes und nennt man R den Halbmesser und δ die Declination der Sonne, so hat man für den gesuchten Halbmesser r des Ringes

$$r = \left(\frac{15}{4} \text{ Cos. } \delta\right)^2 . \frac{\Theta^2 - \Theta'^2}{R} .$$

Wenn man nun auf diese Weise den Halbmesser r des Ringes bestimmt hat, so läfst man den zu beobachtenden Planeten und einen bereits bekannten Fixstern durch das Feld des Ringes gehn. Sey t die halbe Zwischenzeit des Fixsterns oder 2t die Zeit zwischen dem Ein- und Austritte desselben in dem Ringe und δ die Declination des Sterns. Für den Planeten seyen dieselben Gröfsen t' und δ'. Dieses vorausgesetzt suche man die Gröfsen φ und d durch folgende Gleichungen

$$\text{Sin.} \varphi = \frac{15t}{r} \text{ Cos.} \delta ; \ d = r \text{ Cos.} \varphi$$

und ebenso

$$\text{Sin.} \varphi' = \frac{15t'}{r} \text{ Cos.} \delta' ; \ d' = r \text{ Cos.} \varphi' ,$$

so ist $d' - d$ die gesuchte Differenz der Declination der beiden Gestirne. Der Unterschied der beiden Mittelzeiten zwischen Ein- und Austritt des Sterns und des Planeten aber giebt sofort auch die gesuchte Differenz der Rectascension der beiden Gestirne.

Da man die Declination δ' des Planeten erst sucht, so wird man in dem vorhergehenden Ausdrucke für Sin. φ' statt δ' die Gröſse δ setzen, was um so eher angeht, da δ' von δ nie bedeutend verschieden seyn kann. Will man eine gröſsere Genauigkeit erhalten, so wird man aus dem bereits gefundenen $d' - d$ die vorläufige Declination δ' des Planeten ableiten und mit diesem Werthe von δ' den Winkel φ' und die Gröſse d' genauer suchen, wodurch man dann auch einen verbesserten Werth von δ' erhält. Eine Tafel, die für jeden Werth von t Cos. δ den ihm entsprechenden Werth von d giebt, macht auch diese kleinen Berechnungen ganz entbehrlich.

Es ist für sich hlar, daſs man die Differenz der Rectascensionen beider Gestirne am genauesten erhält, wenn beide sehr nahe beim Mittelpuncte des Ringes durchgehn oder die gröſstmöglichen Sehnen beschreiben. Die Differenz der Declination im Gegentheil wird durch solche Beobachtungen am schärfsten bestimmt werden, wo beide Gestirne sehr kleine Sehnen beschreiben oder so weit als möglich vom Mittelpuncte durch den Ring gehn. Dieses ist allerdings als ein Nachtheil des Kreismikrometers zu betrachten, allein man kann ihm dadurch gröſstentheils abhelfen, daſs man dasselbe Sternpaar, in wiederholten Beobachtungen, an verschiedenen Stellen des Ringes durchgehn läſst, um einmal die Rectascension und dann die Declination derselben mit der gewünschten Schärfe zu bestimmen. Man kann aber auch diesem Umstande, nach Olbers Vorschlage, dadurch begegnen, daſs man einen schmalen Messingstreifen so durch den Ring legt, daſs
Fig. 284. die eine Kante BO desselben genau durch den Mittelpunct O des Ringes geht oder einen Durchmesser desselben bildet. Ist dann

$2t$ die Zeit durch AC,
$2t'$ - - - $A'C'$,
Θ - - - AB,
Θ' - - - $A'B'$,

so hat man, wenn wieder d und d′ die senkrechten Abstände des Mittelpunctes des Ringes von dem Parallelkreise oder von der Sehne des Sterns und des Planeten bezeichnen,

$$\frac{d'}{d} = \frac{\Theta' - t'}{\Theta - t} \cdot \frac{\text{Cos.}\,\delta'}{\text{Cos.}\,\delta},$$

wofür man in den meisten Fällen setzen kann

$$\frac{d'}{d}=\frac{\Theta'-t'}{\Theta-t}.$$

Hat man daher aus demjenigen der beiden Gestirne, dessen Sehne die kleinste ist, den Abstand d durch die oben mitgetheilte Formel berechnet, so findet man den Abstand d' des andern Gestirns durch die Gleichung

$$d'=d.\frac{\Theta'-t'}{\Theta-t}$$

immer mit der erforderlichen Schärfe, also auch die gesuchte Differenz d' — d der Declinationen beider Gestirne[1].

IV. *Schraubenmikrometer.* Man stelle sich in dem Brennpuncte eines Fernrohrs zwei horizontale Fäden vor, von welchen der eine fest und der andere, ihm parallele, mittelst einer Schraube beweglich ist, so dafs er dadurch dem festen Faden genähert oder von ihm entfernt werden kann. Man sieht ohne Zeichnung, dafs jeder dieser Fäden auf einer eigenen, in ihrer Mitte durchbohrten Metallplatte befestigt seyn und dafs von diesen Platten diejenige, welche den beweglichen Faden trägt und auf welche die erwähnte Schraube unmittelbar einwirkt, zwischen eigenen, auf der andern Platte angebrachten Leisten mit dieser Platte parallel auf und ab verschiebbar seyn mufs. Da unsere feineren Schrauben sehr nahe gleich grofse Windungen haben und da Differenzen der Art, wenn sie noch vorkommen, durch den Gebrauch der Schraube selbst, ihrer Natur nach, vermindert werden, so läfst sich durch die beobachtete Anzahl der Schraubenumgänge die Distanz der beiden Fäden mit grofser Schärfe messen, daher diese Art von Mikrometern, obschon sie bereits zur Zeit Picard's und Römer's bekannt war, auch in unsern Tagen noch zu den verläfslichsten gezählt wird, wie denn die englischen Künstler und auch Reichenbach dieselben bei ihren gröfsern Aequatorealen u. dgl. noch immer anzubringen pflegen. Die durch eine kleine Oeffnung des Fernrohrs heraustretende Verlängerung der Schraubenspindel trägt nämlich einen Index (Zeiger), der bei der Drehung der Schraube auf einer kleinen eingetheilten Kreisschraube herumgeht, durch

1 Mehreres über dieses ebenso einfache als interessante Instrument findet man in v. Zach Mon. Corr. Th. XVII. XXIV. XXVI. Astron. Jahrb. 1796. S. 164. Astronom. Nachrichten, Th. II. S. 361.

welchen man daher auch einzelne Theile der Umdrehung noch mit Genauigkeit lesen kann. Nehmen wir an, die Kreisscheibe sey in 100 gleiche Theile getheilt und der Index der Schraube stehe auf dem Theilpuncte 30, wenn beide Fäden sich genau decken. Läſst man nun von zwei Sternen, deren Declinationsdifferenz genau bekannt ist und z. B. 10′ beträgt, den ersten durch den festen Faden gehn und bewegt man den andern Faden durch Umdrehung seiner Schraube so weit, daſs der zweite Stern, wenn er in dem Felde des Fernrohrs erscheint, in der Richtung dieses Fadens sich fortbewegt, so hat man, wenn indeſs die Schraube 5 ganze Umdrehungen gemacht hat und der Zeiger jetzt auf dem Theilstriche 75 steht, für die Bewegung der Schraube $575-30=545$ Theilstriche. Da aber die Distanz der beiden Gestirne 10′ oder 600″ beträgt, so hat man

$$545 \text{ Theile} : 600'' = 100 \text{ Theile} : x,$$

wo $x=110'',092$ ist, das heiſst, eine Umdrehung der Schraube entspricht einem Winkel von 110,092 Secunden, also beträgt auch jeder Theilstrich der Scheibe 1,1009 Secunden. Jedes Sternpaar, dessen Declinationsdifferenz bereits genau bekannt ist, und ebenso der bekannte Halbmesser der Sonne oder eines Planeten wird daher den gesuchten Werth einer Revolution der Schraube geben, und wenn dieser genau bekannt ist, so wird man auch umgekehrt jede durch diese Schraube zwischen den beiden Fäden gemessene Distanz in Secunden ausdrücken können. Dieses Verfahren ist dem durch terrestrische Gegenstände, deren Gröſse und Entfernung man kennt, vorzuziehn[1]. Wenn noch eine Unsicherheit bei diesem Verfahren übrig bleibt, so kommt sie von dem todten Gange her, den man bei den Schrauben noch so häufig antrifft, den aber Reichenbach, Baumann u. a. durch eigene Vorrichtungen von elastischen Federn und Ketten, die gleich den Ketten unserer Taschenuhren gestaltet sind, wenigstens gröſstentheils entfernt haben.

V. *Positions-Mikrometer.* Wenn die Gegenstände, deren Entfernung man messen will, sehr nahe bei einander stehn, so daſs sie, wie z. B. viele Doppelsterne, nur eine oder ei-

---

1 Man findet diese in Lalande's Astronomie §. 2529. und in Kästner's Astronom. Abhandl. II. Samml. S. 311.

nige Secunden von einander entfernt sind, so lassen sich die bisher beschriebenen Mikrometer nicht mehr gut anwenden, am wenigsten die oben erwähnten Fadennetze, weil hier, wie man gesehn hat, die Zeit als ein unmittelbares Element der Beobachtungen angewendet wird. Die Schraubenmikrometer geben zwar die Declination, unabhängig von der Zeit, bloſs durch die Revolution der Schraube, aber die Rectascensions-differenz muſs doch auch hier wieder mittelst der Zeit des Durchgangs der beiden Sterne durch den Stundenfaden (der dem Declinationskreise des Sterns parallel ist) gemessen werden. Bei den einander so nahe stehenden Sternen aber, die beide gleichsam in derselben Zeitsecunde durch den Stundenfaden gehn, wird es zuweilen äuſserst schwer, diesen Zeitunterschied mit Schärfe zu bemerken, und da der Fehler, den man dabei begeht, noch durch 15 multiplicirt, also 15mal vergröſsert wird, so läſst sich auf diese Weise wohl nur selten eine gröſsere Genauigkeit erwarten.

Das Positionsmikrometer ist nun darin dem vorhergehenden Schraubenmikrometer ähnlich, daſs es nebst dem fixen verticalen Faden BD noch zwei darauf senkrechte, also unter sich parallele Fäden hat, von welchen der eine AC fest und der andere ac mittelst einer feinen Schraube, deren Spindel DOB und deren Kopf B ist, beweglich seyn muſs. Damit könnte man also auch die Differenz der Rectascension und Declination zweier Gestirne ganz wie zuvor beobachten. Wird nämlich der feste Faden AC so gestellt, daſs er dem Wege des einen Sterns parallel liegt und mit ihm zusammenfällt, so beobachtet man die Durchgangszeit der beiden Sterne durch den andern festen Faden BD in den Puncten O und s und stellt zugleich, mittelst der Schraube bei B, den beweglichen Faden ac so, daſs er in den Weg des zweiten Sterns Ss fällt.

Fig. 285.

Allein um sich bei diesen Beobachtungen von der Zeit unabhängig zu machen, hat man diesem Mikrometer die Einrichtung gegeben, daſs es sich, sammt seinem Fadensysteme, um seinen Mittelpunct O drehn läſst. Um diese Drehung sanft und sicher zugleich zu machen, sind an der Auſsenseite des Mikrometers mehrere Schrauben angebracht, so wie auch ein eingetheilter Kreis, der mit dem Kreise ABCD des Mikrometers

concentrisch ist und an dem man den Winkel, um welchen das Mikrometer gedreht worden ist, ablesen kann.

Sobald daher die beiden Sterne im Felde des Fernrohrs erscheinen, dreht man das Mikrometer um seinen Mittelpunct O so lange, bis der feste Faden BD durch beide Sterne O und S geht oder bis er in die Lage bd kommt, und liest an dem eingetheilten Kreise den Drehungswinkel BOb ab. Zugleich bringt man aber auch, mittelst der Schraube bei B, den beweglichen Faden ac auf den zweiten Stern S, wodurch man seine senkrechte Entfernung Sn von dem festen Faden AC erhält. Man kennt demnach jetzt durch das Mikrometer den Winkel $BOS = \varphi$, welchen die Distanz OS der beiden Sterne mit dem Declinationskreise OB des gröfsern Sterns O bildet, und zugleich die Distanz Sn der Parallelkreise AC und ac der beiden Sterne. Um dann noch die Distanz $OS = \Delta$ der Sterne zu finden, hat man in dem bei n rechtwinkligen Dreiecke OSn

$$\Delta = \frac{Sn}{\text{Cos. } BOS} = \frac{Sn}{\text{Cos. } \varphi}.$$

Ist z. B. $Sn = 5$ Secunden und $\varphi = 50°$ gefunden worden, so hat man $\Delta = 7{,}78$ Secunden, dafs aber die relative Lage der beiden Sterne, und sonst sucht man nichts, durch die zwei Gröfsen φ und Δ ebenso vollständig bestimmt werde, wie durch die Differenz ihrer Rectascension und Declination oder ihrer Länge und Breite, ist für sich klar.

VI. *Objectiv-Mikrometer.* Dieses von Picard zuerst gebrauchte und später von Dollond und Fraunhofer sehr vervollkommnete Instrument zeichnet sich vor allen übrigen vorzüglich dadurch aus, dafs das Objectiv des Fernrohrs aus zwei Theilen, z. B. aus einer in der Richtung ihres Durchmessers entzwei geschnittenen Doppellinse besteht, von welcher jeder isolirte Theil für sich ein Bild des durch das Fernrohr betrachteten Sterns giebt. Da von diesem Mikrometer schon oben[1] gesprochen worden ist, so halten wir uns hier nicht weiter dabei auf.

VII. *Differential-Sextant.* In dem ersten Theile der Memoiren der astron. Gesellschaft zu London beschrieb Ben-

1 S. Art. *Heliometer.* Bd. V. S. 223.

JAMIN GOMPERTZ eine von ihm erfundene Vorrichtung, um damit terrestrische Distanzen aus einem einzigen Beobachtungspuncte mit gröfserer Schärfe zu bestimmen, als dieses wohl bisher mit den meisten Instrumenten der Fall war, die man zu diesem, meist militärischen, Zwecke ausgedacht hat. Diese Vorrichtung besteht in zwei kleinen Spiegeln, die man an der Aufsenseite des Objects eines Fernrohrs einander gegenüber anbringt und von welchen der eine bewegliche mit einem Radius von der Länge des Fernrohrs in Verbindung gesetzt ist, welcher Radius mit seinem bei dem Ocular stehenden Endpuncte auf einem eingetheilten Kreisbogen die Lage der beiden Spiegel gegen einander anzeigt. Im zweiten Theile des erwähnten Werkes S. 85. giebt derselbe Verfasser eine Erweiterung des Gebrauchs seiner Vorrichtung, die er *Differential-Sextant* nennt und wodurch jetzt dasselbe Instrument die Bestimmung erhält, bei grofsen Winkeln kleine Aenderungen derselben mit Präcision zu messen, wie dieses z. B. bei den Einwirkungen der Parallaxe, der Refraction, der Aberration u. dgl. der Fall ist. Da der Gegenstand noch zu neu und, so viel mir bekannt, noch nicht auf praktischem Wege näher untersucht worden ist, so wird diese kurze Anzeige genügen.

VIII. *Zenith-Mikrometer.* So nennt BABBAGE das von ihm erfundene Mikrometer[1]. Bei allen bisher erwähnten Mikrometern hing die Genauigkeit der Messung unmittelbar von der Genauigkeit der Eintheilung (der Schraube oder des Kreises bei dem Positionsmikrometer u. s. w.) ab. Das gegenwärtige Instrument ist von dieser Voraussetzung im Allgemeinen unabhängig, weil der an demselben abgelesene kleine Winkel an seinem Kreisbogen willkürlich vervielfacht oder multiplicirt werden kann, so dafs man dadurch von den Fehlern der Eintheilung unabhängig wird. Das Princip, welches diesem Mikrometer zum Grunde liegt, wird sogleich übersehn, wenn man sich ein Fernrohr vorstellt, welches unter rechten Winkeln mit der unteren horizontalen Stange eines Parallelogramms verbunden ist, so dafs das Parallelogramm und das Fernrohr in der Ebene des Meridians liegen. Die vier Seiten des Parallelogramms sind genau in ihren Ecken mit einander verbunden. Es ist klar, dafs bei einer solchen Construction

1 Memoirs of the astronom. Society. T. II. p. 101.

durch die Bewegung einer der beiden senkrechten Seiten des Parallelogramms rund um ihre obere Verbindung der Winkel, den das Fernrohr mit dem Zenith macht, nicht geändert wird, sondern dafs dadurch dieses Fernrohr nur in eine neue Lage gebracht wird, in welcher es wieder auf denselben Punct des Himmels gerichtet ist. Sobald aber eine der Seiten des Parallelogramms auch noch so wenig verlängert wird, so wird dadurch auch jener Parallelismus des Fernrohrs gestört und jede noch so geringe drehende Bewegung der verticalen Seiten um ihre Axen wird das Fernrohr nicht nur aus seiner Lage bringen, sondern auch so verstellen, dafs die beiden Richtungen des Fernrohrs einen kleinen Winkel unter sich bilden. Die Gröfse dieses Winkels wird abhängen sowohl von der Gröfse der Längenänderung jener Seite, als auch von dem Winkel, welchen diese Seite mit ihrer früheren Richtung macht.

Man wird diese Vorrichtung zur Messung der Zenithdistanzen vortheilhaft anwenden können. Zu diesem Zwecke stellt man das Parallelogramm, dessen Seiten sich um ihre Endpuncte A, B, C, D bewegen lassen, in der Ebene des Meridians auf. Die obere und untere Stange AB und CD müssen, jede für sich, aus zwei von einander getrennten Stücken bestehn, in geringer Entfernung von einander, um das Fernrohr zwischen sich aufnehmen zu können. In einem der vier Winkel, z. B. in C, wird eine feine Schraube angebracht, durch deren Umdrehung der Punct C von D entfernt oder ihm genähert werden kann. Zwischen den zwei untern Stangen und in der Mitte zwischen den Ecken des Parallelogramms wird das Fernrohr EF befestigt, welches, wenn das Instrument blofs in der Nähe des Zeniths gebraucht werden soll, auch ein Spiegelteleskop seyn kann. Es wird gut seyn, bei K einen eingetheilten Kreis an das Fernrohr anzubringen, um das letzte nur beinahe auf irgend eine gegebene Zenithdistanz stellen zu können. Zur Bequemlichkeit des Beobachters wird das Ocular des Fernrohrs mit einem Prisma versehn werden, um auch Gegenstände in der Nähe des Zeniths noch in einer horizontalen Richtung zu sehn. Im Brennpuncte des Fernrohrs mufs ein Faden so eingezogen werden, dafs er der Bewegung des Sterns parallel ist. Neben einem der vier Arme des Parallelogramms, z. B. neben BC, soll ein getheilter Kreis-

Fig. 286.

bogen LM angebracht und sein Vernier G an diesen Arm selbst befestigt werden.

Nach dieser Darstellung giebt Babbage das Verfahren, welches man bei dem Beobachten der Zenithdistanzen mit diesem Instrumente als das beste nach seiner Ansicht befolgen soll. Die Vortheile, welche es gewährt, sollen darin bestehn, daſs es ebensogut mit einem dioptrischen, als mit einem katoptrischen Fernrohre verbunden werden kann, welches letzte bei unsern messenden Beobachtungen bekanntlich noch so selten angewendet wird; daſs man Fernröhre mit den stärksten Vergröſserungen anwenden kann, und daſs endlich der an dem Instrumente abgelesene Winkel, mit dem unmittelbar beobachteten verglichen, so sehr vergröſsert erscheint, als man nur von der höchsten bisher bekannten optischen Kraft erwarten darf.

IX. *Bergkrystall-Mikrometer.* Unter den Körpern, die eine doppelte Refraction des Lichts geben, scheint der Bergkrystall wegen seiner Härte, Durchsichtigkeit und hohen Politur sich vorzüglich zu mikrometrischen Beobachtungen zu eignen, besonders wenn es sich darum handelt, den Durchmesser eines beweglichen Körpers oder die Distanz von zwei beweglichen Körpern u. dgl. mit groſser Schärfe zu messen. Der Abbé Rochon schlug zuerst im J. 1783 ein doppeltes Prisma von isländischem Kalkspath, durch welches man jeden kleinen Körper doppelt sehn konnte, zu diesem Zwecke vor. Die Bemerkung, daſs der Winkel zwischen diesen beiden Bildern desselben Gegenstandes immer von derselben Gröſse sey, gab ihm das eigentliche Princip des von ihm erfundenen *mikrometrischen Teleskops.* Rochon's Schrift darüber[1] ist jetzt bereits sehr selten geworden. Der gelehrte Engländer Pearson[2] zeigt die Fehler, in welche Rochon bei seinen ersten Versuchen verfallen ist. Bei seiner eigenen verbesserten Construction eines solchen Mikrometers geht er von den beiden Ansichten aus, daſs erstens der Winkel zwischen den beiden Bildern eines Prisma's von Bergkrystall immer derselbe ist, und daſs zweitens dieser Winkel bedeutend gröſser wird, wenn die zwei Seiten des Doppelprisma's mit Gummi oder mit

1 Mémoire sur le micromètre de crystal de roche. Par. 1807.
2 Mem. of the astronom. Soc. T. I. p. 67, 82 u. 102.

canadischem Balsam an einander gekittet werden, statt sie, wie Rochon gethan, ganz trocken und einfach neben einander zu legen. In der frühern Vorrichtung wurde dieses Doppelprisma mittelst einer verschiebbaren Röhre im Innern des Fernrohrs angebracht, so dafs man das Prisma längst der Axe des Fernrohrs bewegen konnte, wo dann, auf der Aufsenseite des Fernrohrs, eine Scale angebracht war, an welcher man den zurückgelegten Weg und den Stand des Prisma's lesen konnte. Rochon hatte das Ganze mehr zum Gebrauche der Marine und überhaupt des Militärs eingerichtet, daher es für die Astronomie so lange unangewendet blieb. Man sieht leicht, dafs der Winkel der beiden Bilder, die von dem Prisma gebildet werden, ein Gröfstes ist, wenn das Prisma unmittelbar hinter das Objectiv des Fernrohrs gestellt wird, und im Gegentheil ein Kleinstes (d. h. dafs die beiden Bilder in ein einziges zusammen treten), wenn die brechende Fläche der Prisma's in den Brennpunct des Fernrohrs tritt. Das gröfste Hindernifs, welches Rochon bei der Ausführung fand und über welches auch der Künstler Lenoir noch in den letzten Jahren Klage führte, bestand in dem Mangel eines gröfsern Stücks dieses Krystalls von durchaus homogener Masse und gleicher Durchsichtigkeit, daher auch die beiden Bilder nie die gehörige Deutlichkeit hatten. Pearson versuchte zuerst, ein solches Prisma auf der andern Seite des Oculars zwischen dem Ocular und dem Auge des Beobachters anzulegen, und er erhielt auf diese Weise eine sehr deutliche Darstellung der beiden Bilder. Er gerieth bei seinen Versuchen auf die Bemerkung, dafs der Winkel des Prisma's nur constant bleibt, so lange die Vergröfserung (*power*) des Oculars dieselbe ist, und dafs im Gegentheile dieser Winkel in demselben Mafse abnimmt, wie die Vergröfserung des Oculars wächst, so dafs er endlich die allgemeine Regel aufstellte: „der constante Winkel eines Prisma's von doppelter Brechung, dividirt durch die Vergröfserung eines Fernrohrs, ist das wahre Mafs des beobachteten „Winkels," wie er durch dasselbe Prisma, nahe in Berührung mit dem Auge, in diesem Fernrohre gesehn wird. Wenn z. B. der constante Winkel des Prisma's 30 Min. beträgt und die Vergröfserung des Fernrohrs 60 ist, so hat der so gemessene kleine Winkel $\frac{30}{60}$ Minuten oder 30 Secunden. Ehe man daher zu dem Gebrauche eines solchen Prisma's geht, mufs

man diesen constanten Winkel und auch die Vergröfserung des Fernrohrs sehr genau kennen. PEARSON giebt die Mittel an, diese zwei Gröfsen mit Schärfe zu bestimmen, auf welche ich daher, der Kürze wegen, den Leser verweise. Man findet darüber von demselben Verfasser (PEARSON) drei Abhandlungen in dem I. Bande der Mem. of the astron. Society, Seite 67, 82 und 102.

X. *Mikrometer bei Mikroskopen.* Im Allgemeinen sind die Mikrometer bei Mikroscopen dieselben, wie bei den Fernröhren, nur dafs man dazu vorzüglich die oben erwähnten Schraubenmikrometer zu brauchen pflegt. Da man hier sehr nahe Gegenstände vor sich hat, so braucht man nicht, wie am Himmel, blofs bei der Angabe des Sehwinkels stehn zu bleiben oder blofs den scheinbaren Durchmesser derselben in Secunden zu bestimmen, sondern man kann und soll auch in den meisten Fällen den wahren Durchmesser der mikroskopischen Objecte in Linien und Theilen derselben kennen lernen. LEEUWENHOEK verfuhr dabei sehr einfach, indem er die durch sein Instrument gesehenen Gegenstände mit kleinen Sandkörnern verglich, deren hundert auf die Länge eines Zolls gingen, und die er zugleich mit den andern Objecten in seinem Mikroskope betrachtete. JURIN[1] wand einen feinen Silberdraht so dicht, als möglich, um eine Nadel und zählte die Umwindungen in der Länge eines Zolls. Dann schnitt er den Draht in kleine Stückchen und streute dieselben auf die Unterlage zugleich mit den zu untersuchenden Gegenständen, um die letzten mit der Dicke des Drahts zu vergleichen. So fand er z. B., dafs vier Kügelchen im Menschenblute die Breite eines Drahts bedeckten, von dem 485 Umwindungen auf einen Zoll gingen, daher er den Durchmesser eines Blutkügelchens gleich $\frac{1}{4}$ dividirt durch 485 oder gleich $\frac{1}{1940}$ Zoll setzte. HOOK's Verfahren, mit einem Auge durch das Mikroskop die Gegenstände zu betrachten und mit dem anderen unbewaffneten Auge andere gleich weit entfernte Gegenstände von bekannter Gröfse anzusehn, dient nicht sowohl, die Gröfse jener Gegenstände, als vielmehr die Vergröfserung des Mikroskops kennen zu lernen, obschon man zu diesem letzten Zwecke auch bessere Mittel hat.

---

1 Dissert. upon physico-mathem. subjects. 1732.

Netze oder Gitter von feinen auf Glas geschnittenen Linien hat Martin[1] unter dem Namen *Graphical Perspectives* vorgeschlagen. Sie dienen nicht sowohl zur genauen Messung, als zur bequemen Abzeichnung der Gegenstände. Brander[2] versah seine Mikroskope mit solchem Gitterwerk und dieselben wurden zu seiner Zeit allgemein bewundert, da es den andern Künstlern schwer wurde, diese Striche auf Glas in derselben Reinheit und Feinheit nachzumachen. Allein in unsern Tagen ist Fraunhofer in München und besonders Plössl in Wien mit diesem Linienschneiden auf Glas noch viel weiter als Brander gekommen. Durch Plössl's Schraubenmikrometer, die er in so großer Vollkommenheit an den von ihm verfertigten Mikroskopen angebracht hat, kann man den Durchmesser eines Gegenstandes bis auf den hunderttausendsten Theil eines Zolls genau finden. Zu diesem Zwecke muſs man zuvor den Werth eines Umgangs der Schraube kennen, was man am einfachsten erhält, wenn man diese Schraube selbst als Object in das Mikroskop einsetzt und den Abstand je zweier Umgänge wiederholt und mit Schärfe miſst. Auch kann man die Oeffnung des Diaphragma's eines Mikroskops hinreichend verengen, das Mikrometer als Object einsetzen und, indem man verschiedene Theile desselben durch das Gesichtsfeld führt, beobachten, ob stets gleich viele Längenstücke des Mikrometers auf einmal gesehn werden. Ist dieses nicht der Fall, so muſs die Schraube als unbrauchbar verworfen werden. Eine ähnliche Prüfung muſs man auch mit den erwähnten Gittern vor ihrem Gebrauche vornehmen, da auch hier der Werth aller Gitterfächer nicht nur gleich groſs, sondern auch im wahren Maſse, z. B. in Linien, bekannt seyn muſs. Da aber für jede Vergröſserung des Mikroskops dieser Werth des Gitterfaches ein anderer ist, so muſs der letzte für jede Vergröſserung besonders bestimmt werden.

Besecke bediente sich zum Messen der durch das Mikroskop gesehenen Gegenstände einer Fläche von 6 Zoll Länge und 5 Zoll Breite, die in Quadratzolle und Quadratlinien eingetheilt war. Diese Fläche wird in einerlei Horizontal-

---

1 System. of Optics. 1740. p. 288.

2 Beschreibung zweier zusammengesetzter Mikroskope. Augsb. 1769.

ebene mit den Objecten gebracht. Das linke Auge betrachtet den Gegenstand durch das Mikroskop, während das unbewaffnete rechte auf die getheilte Fläche sieht. Auf diese Weise kann man das vergröfserte Bild mit den Zollen und Linien der Fläche vergleichen oder, wenn sich die vielen Linien nicht mehr bequem abzählen lassen, mit dem Zirkel messen und so die Zahl der Linien, die es einnimmt, bestimmen. Dann nimmt er, wie oben Jurin, eine feine Drahtsaite zu Hülfe. Indem er eine solche um eine Nadel wand, fand er, dafs 81 Gewinde auf einen Zoll gehn, so dafs daher der Durchmesser des Drahtes $\frac{10}{81}$ oder nahe 0,124 Linien betrug. Indem er dann ein Stück dieses Drahtes unter das Mikroskop brachte, fand er, dafs die Breite desselben auf der getheilten Fläche 23 Linien einnahm. Daraus folgt die Vergröfserung des Mikroskops $\frac{23}{0,124} = 185$. Betrachtet man demnächst, bei unveränderter Stellung des Mikroskops, einen andern Gegenstand, z. B. ein Menschenhaar, und findet man, dafs dessen Breite auf der getheilten Fläche 5,75 Lin. einnimmt, so erhält man daraus den wahren Durchmesser des Haars gleich $\frac{5,75}{185} = 0,031$ Linien. Dabei mufs bemerkt werden, dafs diese Vergröfserung für jede Stellung des Mikroskops und für jedes Auge besonders bestimmt werden mufs[1].

Zum Schlusse dieses Gegenstandes wird es angemessen seyn, noch einiges über die Beleuchtung des Innern des Fernrohrs hinzuzufügen, die für alle Mikrometer bei nächtlichen Beobachtungen unentbehrlich ist, blofs das Kreismikrometer ausgenommen. Gewöhnlich gebraucht man dazu eine ebene Scheibe, die in ihrer Mitte eine kreisrunde oder elliptische Oeffnung nahe von der Gröfse des Objectivs hat. Diese Scheibe wird vor das Objectiv auf das Fernrohr aufgesteckt und dann auf der dem Objectiv zugewendeten Seite durch eine Lampe beleuchtet, deren Licht von der Scheibe in das Innere des Fernrohrs reflectirt wird und daher die Fäden des Mikrome-

1 Leipziger Magazin zur Naturgeschichte. 1786. St. 1. Beobachtungen und Entdeckungen aus d. Naturkunde. Von d. Berl. Ges. naturf. Freunde. Th. II. St. 1. N. 13.

ters sichtbar macht. Diese Scheibe läfst sich um eine ihrer Axen drehn, um die Beleuchtung stärker oder schwächer zu machen, wobei sie jedoch nicht zu schief gegen das Fernrohr gestellt werden darf, weil man sonst durch die zu schmale Oeffnung der Scheibe nicht mehr die Gegenstände sehn würde, welche man durch das Fernrohr beobachten will.

Diese ältere Einrichtung hat das Unbequeme, dafs das so erhaltene Licht selten stetig und ruhig genug ist, wenn die Flamme der Lampe durch den geringsten Luftzug flackert, und dafs man für jede Stellung des Fernrohrs die Lampe oder die Scheibe ebenfalls anders stellen mufs. Vortheilhafter ist daher die Einrichtung, durch welche das Licht einer gegen jeden Luftzug geschützten Lampe durch eine Oeffnung des Fernrohrs zwischen Ocular und Objectiv in das Innere desselben gebracht und von einem kleinen Spiegel aufgefangen wird, der im Innern des Teleskops unter einem Winkel von 45 Graden gegen die Axe des Fernrohrs aufgestellt ist, so dafs dann die von dem Spiegel reflectirten Strahlen in der Richtung dieser Axe fortgehn und das Innere des Rohrs beleuchten. Durch eine einfache Vorrichtung kann man jene Oeffnung des Rohrs, durch die das Licht der Lampe auf den Spiegel kommen soll, verengen oder erweitern, um der Beleuchtung verschiedene Grade der Intensität zu geben, oder man versieht diese Oeffnung mit einem Schieber von mehrern, mehr oder weniger tief gefärbten Gläsern, durch die man die Stärke des Lichts ebenfalls temperiren kann. In unsern Passageninstrumenten, Meridiankreisen und Aequatorealen ist diese Beleuchtungsart beinahe durchaus angebracht; doch läfst auch sie noch manches zu wünschen übrig, da die Dämpfung des Lichtes doch nicht gänzlich in der Gewalt des Beobachters ist und es bei den Beobachtungen sehr lichtschwacher Gegenstände, z. B. der neuen Planeten, der feinen Doppelsterne, der Nebelflecken u. s. w., schwer hält, das Innere des Rohrs genau so zu erleuchten, dafs man die feinen Fäden des Mikrometers und zugleich diese lichtschwachen Gestirne gleich gut sieht. Eine nur etwas zu schwache Beleuchtung läfst in dem dunklen Felde des Fernrohrs die feinen Fäden nicht mehr erkennen und eine etwas stärkere, bei der man die Fäden wohl sehr gut sieht, macht das lichtschwache Gestirn in dem hellen Felde des Rohrs verschwinden.

Von allen diesen Nachtheilen frei ist diejenige Beleuchtungsart, die FRAUNHOFER bei seinen *Positionsmikrometern* angebracht hat, bei welchen nämlich die Oeffnung des Fernrohrs, die das Licht der Lampe aufnimmt, um es auf den Spiegel zu senden, nicht zwischen dem Oculare und dem Objective, wie zuvor, sondern zwischen dem Auge des Beobachters und dem Brennpuncte des Fernrohrs angebracht wird, wozu in der Regel mehr als eine, übrigens nur kleine Lampe erfordert wird. Wenn bei der frühern Art das Innere des Rohrs beleuchtet wird und die Fäden auf dem hellen Grunde des Sehfeldes ganz dunkel und schwarz erscheinen, so ist im Gegentheile hier das ganze Feld des Fernrohrs in Dunkelheit gehüllt und die feinen Fäden sind es, die auf ihrer vordern, dem Auge zugewendeten Seite hell beleuchtet erscheinen, so dafs man also bei dieser Einrichtung stets die Fäden und den Gegenstand zugleich mit derselben Schärfe sehn kann.

L.

Mikroskop.

Vergröfserungsglas; *Microscopium, Engyscopium;* Microscope; *Microscope.*

So wird bekanntlich das optische Instrument genannt, welches die Bestimmung hat, kleine Gegenstände, die man mit freiem Auge nicht mehr gut erkennen kann, noch deutlich zu sehn. Der Erfinder dieses Instruments ist nicht mehr mit Bestimmtheit anzugeben. Wahrscheinlich folgte diese Erfindung jener des Fernrohrs (Teleskops) schon in kurzer Zeit, das heifst, zu Ende des 16. Jahrhunderts. BORELLUS[1] schreibt dem ZACHARIAS JANSEN zu Middelburg die Erfindnng des Fernrohrs zu, der das erste dieser Instrumente im J. 1590 verfertigt haben soll, und nach demselben Schriftsteller soll derselbe Z. JANSEN, gemeinschaftlich mit seinem Sohne JOHANN, bald darauf auch das Mikroskop erfunden haben. HUYGHENS aber versichert in seiner Dioptrik, dafs das Mikroskop im J. 1618 noch ganz unbekannt gewesen sey und dafs man erst im

1 De vero telescopii inventore. Haag 1655.

J. 1621 bei Cornelius Drebbel in England die ersten Instrumente dieser Art gesehn habe.

Uebrigens kann man, wie bekannt, auch einfache Linsen oder kleine Kugeln von Glas als Mikroskope gebrauchen und diese einfache Art von Mikroskopen, zu welcher also auch unsere gewöhnlichen Brillen gehören, war gewifs den alten Griechen und Römern schon bekannt. Die *eigentlichen Brillen* nämlich kamen bereits im 13. Jahrhunderte in Gebrauch, um sich nämlich derselben fortwährend bei gewissen Geschäften, z. B. beim Lesen oder Schreiben, zu bedienen. Die erste bestimmte Nachricht von den Brillen wurde in einem im J. 1299 verfafsten Manuscripte gefunden[1]. Dafs aber schon die Alten die Brillen gebraucht haben sollen, wie mehrere behaupten wollten, ist durchaus nicht zu beweisen. Die Stellen aus Plautus und Plinius[2] sind offenbar mifsverstanden worden. Diese in so hohem Grade nützliche Erfindung würde gewifs, war sie einmal gemacht, nie wieder verloren gegangen seyn, da sie unsern edelsten Sinn so mächtig unterstützt, uns von der so traurigen Unthätigkeit des höheren Alters befreit und besonders den wissenschaftlichen Mann zu einer Zeit, wo ihn die Natur schon zu verlassen scheint, wieder mit neuer, jugendlicher Kraft ausrüstet, um seine in dem Laufe eines ganzen Lebens mühsam gesammelten Erfahrungen zu ordnen und seine angefangenen Arbeiten zu vollenden. Wie wäre es möglich, dafs in den sämmtlichen uns hinterlassenen Schriften der Alten auch nicht eine einzige bestimmte Erwähnung dieser grofsen, wohlthätigen Erfindung angetroffen werden kann, ja dafs sogar das Andenken an sie, selbst unter den Schriftstellern, die ihrer am meisten bedurften, so ganz verloren gegangen seyn sollte!

Wenn aber auch die Alten den Gebrauch unserer eigentlichen Brillen nicht gekannt haben, so kann ihnen doch die Kenntnifs der Vergröfserung der Gegenstände durch Glaskugeln nicht abgesprochen werden. Seneca[3] sagt ausdrücklich, dafs man durch hohle gläserne, mit Wasser gefüllte Kugeln

---

1 Vergl. Art. *Gesicht.* Bd. IV. S. 1414. Littrow's Dioptrik. Wien 1830. S. 425.

2 Hist. nat. L. VII. cap. 53.

3 Nat. Quaest. L. I. C. 6.

die Gegenstände gröfser und heller sieht. Zeigen doch die aus ARISTOPHANES, aus dem ältern PLINIUS und aus LACTANTIUS angeführten Stellen, dafs den Alten die Brenngläser oder wenigstens die Brennkugeln schon sehr bekannt gewesen sind[1]. Die Steinschneider der Griechen mufsten mit dem Gebrauche dieser Glaskugeln bekannt gewesen seyn, da wir noch mehrere Arbeiten dieser Art besitzen, die dem unbewaffneten Auge unkenntlich, durch ein Mikroskop aber besehn sehr fein und schön ausgeführt erscheinen[2]. So erzählen uns die Alten von ihren Mikrographen, welche so klein schreiben konnten, dafs z. B. die ganze Ilias in einer Nufsschale aufbewahrt werden konnte. Auch haben wir mehrere ausdrückliche Zeugnisse nebst den angeführten von PLUTARCH, JAMBLICHUS, AGELLIUS, PISIDIAS u. A. dafür, dafs die Alten die Vergröfserung der Gegenstände durch Glaskugeln kennen mufsten. Und sagt nicht SENECA ausdrücklich: *Literae quamvis minutae et obscurae per vitream pilam aquâ plenam majores clarioresque cernuntur.* Es ist sonderbar, dafs diese Stelle ihren Verfasser ebensowenig, als alle seine Leser, auf die Erfindung der Brillen zum Lesen und Schreiben geführt hat, da er doch ausdrücklich die Vergröfserung der Buchstaben als Beispiel anführt. Aber er spricht nur von einer gläsernen *pila*, von einer gläsernen Kugel, und eine solche kann man allerdings nicht zum täglichen Gebrauche beim Lesen oder Schreiben anwenden. Es war noch übrig, zuzusehn, ob man nicht durch Kugelabschnitte, durch Linsen von Glas, dieselbe Wirkung hervorbringen kann. Allein daran dachte keiner von den Alten. Dieser Schritt, von der Kugel zu dem Kugelsegment, wurde erst in der Mitte des eilften Jahrhunderts von ALHAZEN gethan, und auch dann noch wie unvollkommen! In seinem optischen Werke, das bekanntlich im 13. Jahrhunderte in dem Polen VITELLIO einen so wackern Commentator gefunden hat, spricht ALHAZEN zuerst von solchen Kugelsegmenten, die, wie er sah, die Gegenstände ebenfalls vergröfsern. Allein bei seinen Versuchen legte er diese Segmente immer unmittelbar auf diese Gegenstände, auf die Blätter des Buches, dessen Buchstaben er vergröfsert sehn wollte, und weder er, noch

---

1 Vergl. *Brennglas* Bd. I. S. 1205.

2 Hist. de l'Acad. des Inscript. T. I. p. 333.

der grofse Roger Baco (der im J. 1294 starb) kam auf den Einfall, diese Kugelstücke auch von dem Blatte zu entfernen und zuzusehn, welche Wirkung sie dann äufsern würden. Und so blieb die herrlichste Erfindung, durch die sich vielleicht der Mensch am meisten bereichert hat, bis in den Anfang des 17. Jahrhunderts verborgen, um dann einem Zufalle, dem blinden Spiele zweier Knaben eines Glaskünstlers, ihre Entstehung zu verdanken [1].

Das Teleskop wurde bekanntlich gleich nach seiner Erfindung zu wissenschaftlichen Zwecken angewendet und Galilei lehrte uns schon in den ersten Jahren nach jener Epoche einen ganz neuen Himmel kennen. Das Mikroskop aber wurde erst später zu eigentlich scientifischen Absichten gebraucht. Einer der ersten, der dasselbe zu solchen Zwecken zu verwenden suchte, war Stelluti, welcher im J. 1685 seine mikroskopischen Untersuchungen über einige Theile des Körpers der Bienen herausgegeben hat. Allein diese Beobachtungen, wie die meisten andern dieser Art bis zur Mitte des 18. Jahrhunderts, wurden nur mit dem sogenannten *einfachen Mikroskope* d. h. mit einzelnen Glaslinsen gemacht, denn das aus mehrern solchen Linsen erbaute oder das sogenannte *zusammengesetzte Mikroskop* war, obschon es bereits um das J. 1650 in allgemeinern Gebrauch kam, lange hin noch zu unvollkommen, um wissenschaftliche Zwecke wesentlich zu fördern. Die ersten grofsen Bereicherer unserer Kenntnisse der Gegenstände in der mikroskopischen Welt, Leeuwenhoek, Swammerdam, Lyonet und Ellis, bedienten sich bei ihren Untersuchungen beinahe durchaus nur jener einfachen Mikroskope, d. h. einfacher, stark convexer *Glaslinsen* und selbst kleiner *Glaskugeln*. Wegen dieser starken Convexität war auch die Vergröfserung dieser Linsen sehr stark, aber dafür war auch das Gesichtsfeld derselben so klein und die Beleuchtung der dadurch beobachteten Gegenstände so schwach, dafs es wohl grofse Uebung und unermüdliche Ausdauer erfordert haben mochte, mit einem so unvollkommenen Werkzeuge eine so grofse Reihe wichtiger Entdeckungen zu sammeln, wie wir den genannten Männern in der That verdanken.

---

1 Ueber die Erfindung dieser zwei Instrumente s. Smith's Optics; Priestley's History of Light; Jones Appendix to an Essay etc.

Die ersten *zusammengesetzten Mikroskope* von bedeutendem Werthe wurden von Hooke, Divini und Bonnani verfertigt. Das Mikroskop, dessen sich Hooke bediente[1], hatte 3 Zoll Durchmesser und 7 Z. Länge und bestand aus 3 Glaslinsen, die in 4 Zugröhren gefaſst waren. Die des Eustachio Divini hatten vier planconvexe Linsen und die Ocularlinse hatte einen Durchmesser von mehr als drei Zoll. Ganz ausgezogen hatte das Rohr 16 Zoll Länge und die Vergröſserung der Gegenstände konnte mit dem schwächsten Oculare bis 41 im Durchmesser getrieben werden[2], mit dem stärksten Oculare aber bis 143, so daſs also bei dieser Einrichtung die Objective nicht geändert wurden, um andere Vergröſserungen zu erhalten. Philipp Bonnani gab seinen Bericht über die von ihm verfertigten Mikroskope im J. 1698, die aus drei Linsen bestanden. Die Einrichtung, welche diese drei Künstler diesem Instrumente gegeben haben, ist im Allgemeinen bis auf unsere Zeiten beibehalten worden, mit dem Unterschiede, daſs man die Vergröſserung in dem Wechsel der Objective angebracht hat. Nach ihnen suchte man, von Newton aufgeregt, der an der Verfertigung dioptrischer Fernröhre ohne Farben verzweifelte und sich daher zu den Spiegelteleskopen wendete, dasselbe Princip der Metallspiegel auch auf die Mikroskope anzuwenden. Dadurch wurde ein Stillstand in der Vervollkommnung der Mikroskope herbeigeführt, der beinahe ein halbes Jahrhundert währte. Robert Barker wollte besonders solche reflectirende Mikroskope erzwingen, aber man fand sie unbequem und an Lichtmangel leidend, daher sie nicht in Aufnahme kamen. Nicht besser ging es mit den reflectirenden Mikroskopen, die Smith verfertigte, die er aber, wie er selbst gesteht[3], nie vollendete.

---

1 Micrographia. Lond. 1656.

2 Also in der Oberfläche auf 1681. Man pflegt noch immer bei Mikroskopen die Vergröſserung in Beziehung auf die Oberfläche der Gegenstände zu nehmen, während man sie doch bei den Teleskopen nur in Beziehung auf den Durchmesser derselben nimmt. Wir wollen die letzte Art sich auszudrücken für beide Instrumente beibehalten, der Gleichförmigkeit wegen und um unnöthige groſse Zahlen zu vermeiden. Demnach wird ein Mikroskop, das 1000mal vergröſsert, nach der früher üblichen Bezeichnung die Vergröſserung von 1000000 oder von einer Million haben.

3 Dessen Optic p. 94.

Im Jahre 1738 erfand Lieberkühn das *Sonnenmikroskop.* Die ungeheuern Vergröfserungen, die man dadurch erhielt, und die Darstellung der kleinsten Objecte im colossalen Mafsstabe weckten das Vergnügen, welches die Naturforscher früher durch dieses Instrument genossen hatten, wieder aus seinem Schlummer, und besonders die Untersuchungen über die Polypen, die Trembley, Baker, der ältere Adams und Joblot angestellt und in eignen Werken bekannt gemacht hatten, gewannen dem Instrumente eine grofse Anzahl eifriger Freunde um so mehr, da nun auch diese neue Art von Mikroskopen von verschiedenen Künstlern in Menge verfertiget wurden. Die Dinge, die man von nun an sah oder zu sehn glaubte, gaben zu gar manchen Ausschweifungen der Einbildungskraft Veranlassung, die Kepler schon früher *exspatiationes ingenii* genannt hatte, obschon er selbst sich denselben öfter, als er sollte, zu überlassen pflegte. Hierher gehören z. B. Needham's sonderbare Visionen der vegetativen Kraft und der Vitalität der Natur und auch die organischen Molecülen Büffon's, der die aus der Verwesung animalischer Substanzen entstehenden mikroskopischen Thierchen mit den eigentlichen Spermatozoen verwechselte und über beide sehr sinnreiche Theorieen auf seine glänzende Manier vorzutragen wufste, obgleich er, wie ihm schon der grofse Haller vorwarf, keine von beiden selbst gesehn, wenigstens nicht richtig gesehn haben konnte. Aufs Neue wurde das unter der Asche glimmende Feuer angeblasen, als Hill in England im J. 1770 seine mikroskopischen Untersuchungen über die Construction der verschiedenen Holzarten herausgab, besonders als der ältere Adams und Cumming eine eigene Maschine erfunden hatten, um damit das Holz nach allen Richtungen in sehr dünne Lamellen zu schneiden. Derselbe Adams lehrte im J. 1771, in der 4ten Ausgabe seiner Mikrographie, das Sonnenmikroskop mit der *Camera obscura* zu verbinden und dasselbe zur Nachtzeit durch eine Lampe zu erleuchten, wodurch dem Instrumente neuerdings viele Freunde gewonnen wurden, die, wenn auch nicht die Wissenschaft erweitern, doch wenigstens sich selbst in den langen Winterabenden eine lehrreiche Erheiterung verschaffen wollten. Einige Jahre später zeigten Aepinus, Ziehr und besonders Martin, wie man durch Hülfe von Spiegeln das Sonnenmikroskop auch zur

Untersuchung opaker Gegenstände vortheilhaft anwenden könne, so dafs man die Bilder derselben auf der Oberfläche eines Schirms nicht nur stark vergröfsert, sondern auch in ihrem ganzen Farbenschmelze sehn konnte. Im Jahre 1774 erfand George Adams, der Sohn des Vorhergehenden, das *Lucernal-Microscope,* welches dieselben Dienste für opake Gegenstände noch besser leistet und dabei das Auge viel weniger anstrengt, als jenes. Im Jahre 1777 publicirte Dellebarre[1] seine neuen Verbesserungen an dem Mikroskope, die von der Par. Akad. der Wiss. mit vielem Pomp angekündigt wurden, aber die Sache selbst wohl nicht weiter förderten. Auch der bereits erwähnte Aepinus legte der Akademie zu Petersburg im J. 1784 seine sogenannte Entdeckung eines neuen Mikroskops vor, die aber blofs in der damals schon bekannten Anwendung eines gewöhnlichen achromatischen Fernrohrs zu mikroskopischen Zwecken bestand. Jedes kleinere Fernrohr dieser Art kann man in ein Mikroskop verwandeln, wenn man das Objectiv weiter von dem Oculare entfernt. Die Botaniker bedienten sich dieses Mittels, um kleine Pflanzen in dichten Gebüschen leichter zu erkennen und aufzufinden. Einen ganz ähnlichen Einfall brachte im ersten Decennium dieses Jahrhunderts ein gelehrter Optiker in Wien zu Markte, der umgekehrt das Mikroskop auf das Fernrohr angewendet wissen wollte und mit vieler Selbstgefälligkeit seine Erfindung, die Spiegelteleskope Herschel's zu verbessern, vortrug, indem er statt der bisher gewöhnlichen Oculare derselben ein zusammengesetztes Mikroskop substituirte, doch ohne uns zu sagen, wie man den dabei unvermeidlichen Mangel an Licht ersetzen soll.

Nicht sowohl in der Construction, als vielmehr in der genauern Ausführung der schon früher gegebenen Einrichtung haben besonders die grofsen englischen Künstler Ramsden und Dollond das Mikroskop wesentlich zu verbessern gesucht. Die letzten Verbesserungen aber haben diese Instrumente erst in unsern Tagen durch Fraunhofer in München, durch Plössl in Wien und durch Amici in Modena erhalten, wie wir weiter unten näher sehn werden.

Wir gehn nun zu der Beschreibung der verschiedenen

---

1 Mémoire sur les différences de la construct. du Microscope.

Gattungen von Mikroskopen über und betrachten unter ihnen zuerst das *einfache Mikroskop*, welches, wie bereits gesagt, nur aus einer einzigen Linse oder auch aus einer kleinern Kugel von Glas oder einer andern durchsichtigen Materie besteht.

Um diese und die folgenden Betrachtungen mit der nöthigen Kürze und Präcision darzustellen, wollen wir einige analytische Bezeichnungen voraussenden, die ihre Erklärung in LITTROW's *Dioptrik* (Wien 1830) und zum Theil auch schon im Artikel *Linsenglas* finden.

Es seyen also a und α die beiden Vereinigungsweiten einer biconvexen Linse oder es sey a die Entfernung des leuchtenden Punctes und α die Entfernung des Bildes dieses Punctes von dem Mittelpuncte der Linse, deren Dicke wir hier als sehr klein gegen jene Entfernungen annehmen. Ferner seyen f und g die Halbmesser der beiden Kugelflächen, welche die Linse an beiden Seiten begrenzen, p die Brennweite der Linse und n gleich dem Verhältnisse des Sinus des Einfallswinkels zu dem Sinus des gebrochnen Winkels, so dafs man nach den ersten Elementen der Optik[1] die Gleichungen hat

$$\frac{1}{a}+\frac{1}{\alpha}=(n-1)\left(\frac{1}{f}+\frac{1}{g}\right)$$

und für $a=\infty$, wo $\alpha=p$ wird,

$$\frac{1}{p}=(n-1)\left(\frac{1}{f}+\frac{1}{g}\right).$$

Wie die Gröfsen und Zeichen dieser Formeln sich ändern, wenn eine oder beide Flächen der Linse concav sind u. s. f., wird in dem angeführten Artikel gezeigt.

Sey nun ferner x der Halbmesser der Oeffnung der Linse und x' der Halbmesser des Strahlencylinders in der Nähe des Auges, m die Vergröfserungszahl und φ der Winkel, unter welchem die beiden äufsersten Strahlen des leuchtenden Objects im Mittelpuncte der Linse sich schneiden. Nennt man denjenigen Lichtstrahl, der von dem höchsten oder tiefsten Puncte des leuchtenden Objects durch die Mitte der ersten Linse geht und daher von dieser keine Brechung erleidet, den *Hauptstrahl* und trifft dieser Hauptstrahl die zweite, dritte u. s. w. Linse in einem Puncte, dessen Entfernung von der Axe

1 S. Art. *Linsenglas*. Bd. VI. S. 381 fg.

aller Linsen z', z'', z'''... ist, so kann man, wenn p', p'', p'''.... die Brennweiten dieser Linsen sind, annehmen $z' = w' p'$, $z'' = w'' p''$, $z''' = w''' p'''$ u. s. w., wo bekanntlich w', w'', w'''.. durchaus eigentliche Brüche sind, welche die Gröſse $\frac{1}{4}$ nicht wohl übersteigen können[1].

Bestimmt man dann die Gröſsen μ, ν, ϱ, σ, τ durch folgende Ausdrücke:

$$\mu = \frac{n(4n-1)}{8(n-1)^2(n+2)};\ \nu = \frac{4(n-1)^2}{4n-1};\ \varrho = \frac{4+n-2n^2}{2(n-1)(n+2)};$$

$$\sigma = \frac{n(2n+1)}{2(n-1)(n+2)} \text{ und } \tau = \frac{n\sqrt{4n-1}}{2(n-1)(n+2)},$$

so findet man die Gröſse λ durch die Gleichung

$$\sqrt{\lambda - 1} = \frac{\sigma - \varrho}{2\tau} = \frac{4(n^2-1)}{2n\sqrt{4n-1}},$$

und dann hat man für den Halbmesser R der *Kugelabweichung*[2] bei einer einzigen Linse

$$R = \frac{\alpha x^3}{4p} \cdot \frac{\mu}{p}\left(\frac{\lambda}{p^2} + \frac{\nu}{a\alpha}\right),$$

wobei die Linse als gleichseitig oder $f = g = \frac{2p}{\varrho + \sigma}$ angenommen wird. Die Gröſsen μ, ν, ϱ, σ, τ und λ findet man für jeden Werth von n aus der folgenden Tafel.

n	μ	ν	ϱ	σ	τ	λ
1,3	2,298	0,086	0,970	2,364	1,346	1,268
1,4	1,476	0,139	0,544	1,956	1,104	1,409
1,5	1,071	0,200	0,286	1,714	0,958	1,555
1,6	0,833	0,267	0,111	1,555	0,861	1,704
1,7	0,680	0,338	—0,015	1,444	0,790	1,852
1,8	0,574	0,413	—0,112	1,362	0,737	1,999

Für die kleinstmögliche Kugelabweichung muſs man bekanntlich $\lambda = 1$ setzen, und dann erhält man zur Bestimmung der Halbmesser f und g der Linse die beiden Gleichungen

$$\frac{1}{f} = \frac{\varrho}{a} + \frac{\sigma}{\alpha} \text{ und } \frac{1}{g} = \frac{\varrho}{\alpha} + \frac{\sigma}{a}.$$

---

1 Littrow Dioptrik. S. 176.

2 S. Art. *Linsenglas*. Bd. VI. S. 396. Littrow Dioptrik S. 62. u. 65.

Bezeichnet man dann für mehrere auf derselben Axe aufgestellte Linsen die Vereinigungsweiten a und α, die Brennweiten p und die Vergröſserungszahlen m bei der zweiten Linse durch a', α', p' und m', bei der dritten Linse durch a'', α'', p'' und m'' u. s. f., so hat man[1] aus ganz einfachen geometrischen Betrachtungen die zwei folgenden Systeme von Gleichungen:

$$\left.\begin{aligned} m' &= \frac{\alpha}{a'} \\ m'' &= \frac{\alpha\,\alpha'}{a'\,a''} \\ m''' &= \frac{\alpha\,\alpha'\,\alpha''}{a'\,a''\,a'''} \text{ u. s. w.} \end{aligned}\right\} \quad \ldots \quad (I)$$

und ebenso

$$\left.\begin{aligned} p'\,w' &= (\alpha + a')\,\varphi \\ p''\,w'' &= \left(\frac{\alpha\,\alpha'}{a'} - a''\right)\varphi + a''\,w' \\ p'''w''' &= \left(\frac{\alpha\,\alpha'\,\alpha''}{a'\,a''} + a'''\right)\varphi + a'''(w'' - w') \\ p^{v}w^{v} &= \left(\frac{\alpha\,\alpha'\,\alpha''\,\alpha'''}{a'\,a''\,a'''} - a^{iv}\right)\varphi + a^{iv}(w''' - w'' + w') \text{ u. s. w.} \end{aligned}\right\} \ldots (II)$$

und dann wird man endlich auch für den Halbmesser der Kugelabweichung haben

für eine Linse

$$R = \frac{a\,x^3}{4p} \cdot \frac{\mu}{p}\left(\frac{\lambda}{p^2} + \frac{\nu}{a\,\alpha}\right),$$

für zwei Linsen

$$R = \frac{\alpha\,x^3}{4p'}\left[\frac{\mu}{p}\left(\frac{\lambda}{p^2} + \frac{\nu}{a\alpha}\right) + \frac{\mu'}{p'}\left(\frac{\lambda'}{p'^2} + \frac{\nu'}{a'\,\alpha'}\right)\right] \text{u. s. f.} \quad \ldots (III)$$

Die vorhergehenden, aus den Elementen der Dioptrik entlehnten Ausdrücke werden genügen, die vorzüglichsten Eigenschaften der Mikroskope zu entwickeln.

I. Einfaches Mikroskop.

Um daher, unserer Absicht gemäſs, zuerst das einfache Mikroskop oder die sogenannte *Loupe* näher zu betrachten,

1 Littrow Dioptrik. S. 197.

wollen wir die Bemerkung voraussenden, daſs man auch hier, wie bei den Fernröhren, einen Gegenstand nur dann deutlich sehn kann, wenn die Strahlen, die von jedem Puncte desselben ausgehn, das Auge des Beobachters in unter sich parallelen Richtungen treffen, und daſs daher, bei einer einzigen convexen Linse, der Gegenstand in dem Brennpuncte der Linse und das Auge auf der andern Seite derselben liegen soll. Man nimmt gewöhnlich an, daſs ein wohlgebautes Menschenauge, ohne künstliche Bewaffnung, die kleinsten Theile eines Gegenstandes dann am deutlichsten sieht, wenn es von demselben 8 par. Zoll absteht. Wir wollen diese Entfernung des Deutlichsehns überhaupt durch h bezeichnen. Demnach wird also auch bei dem Mikroskope, wie bei dem Fernrohre, die *Vergröſserung* m gleich seyn dem Winkel, unter welchem der Durchmesser eines Gegenstandes in dem Mikroskope erscheint, dividirt durch den Winkel, unter welchem es dem unbewaffneten Auge in der Entfernung von h Zollen erscheinen würde. Daraus folgt, daſs die Vergröſserung m des Gegenstandes durch eine einzige Linse seyn wird

$$m = \frac{h}{p}.$$

Da aber die Brauchbarkeit und Güte eines Mikroskops nicht bloſs durch die Vergröſserung desselben, die man leicht ins Unendliche treiben könnte, sondern auch durch die Helligkeit, mit welcher der Gegenstand gesehn wird, bestimmt werden muſs, und da diese Helligkeit mit dem Halbmesser x′ des Strahlencylinders in der Nähe des Auges und zwar, da hier von einer Fläche die Rede ist, mit dem Quadrate dieses Halbmessers wachsen und abnehmen wird, so hat man, wenn w den Halbmesser der Pupille des Auges bezeichnet,

$$\frac{\text{Helle durch das Mikroskop}}{\text{Helle mit freiem Auge}} = \left(\frac{x'}{w}\right)^2.$$

Nimmt man, wie gewöhnlich, die Gröſse $w = \frac{1}{20}$ Zoll, so hat man, wenn man die Helle, unter welcher der Gegenstand dem freien Auge erscheint, als Einheit annimmt,

$$\text{Helle durch das Mikroskop } K^2 = (20\,x')^2.$$

Der Halbmesser R der Kugelabweichung ist (nach den Gleichungen III)

$$R = \frac{\alpha x^3}{4p} \cdot \frac{\mu}{p}\left(\frac{\lambda}{p^2} + \frac{\nu}{a\alpha}\right)$$

oder da p bei einer einzigen Linse gleich der ersten Vereinigungsweite a ist,

$$R = \frac{x^3}{4} \cdot \frac{\mu}{p}\left(\frac{\lambda}{p^2} + \frac{\nu}{a\alpha}\right).$$

Den Erfahrungen zufolge kann bei Mikroskopen ein Fehler von 10 bis 12 Secunden im Winkel ohne merkliche Störung ertragen werden. Nennt man also $\frac{1}{4g^3}$ den Halbmesser der Kugelabweichung, so kann man $\frac{1}{4g^3} = \text{Sin.}\,\sigma''$ setzen, woraus sofort folgt

$$g^3 = \frac{1}{4\,\text{Sin.}\,\sigma''} \text{ oder } g = 20'',5.$$

Setzt man also $R = \frac{1}{4g^3}$ und die letzte Vereinigungsweite $\alpha = \infty$, wie es die Natur der Aufgabe erfordert, so hat man

$$x = \frac{p}{g}\sqrt[3]{\frac{1}{\mu\lambda}} = \frac{h}{mg}\sqrt[3]{\frac{1}{\mu\lambda}}.$$

Für $n = 1{,}55$ giebt die vorhergehende Tafel $\mu = 0{,}938$ und für eine gleichseitige Linse $\lambda = 1{,}63$. Setzt man also in runden Zahlen $h = 8$ Zoll und $g = 20$ Secunden, so hat man

$$x = \frac{0{,}3472}{m} \text{ Zoll.}$$

Sollte aber die Kugelabweichung ein Kleinstes seyn, so müſste man, nach dem Vorhergehenden, $\lambda = 1$ annehmen, für welchen Fall man daher hat

$$x = \frac{0{,}4086}{m} \text{ Zoll.}$$

Für die Krümmungshalbmesser der gleichseitigen Linse hat man, nach dem oben Gesagten,

$$f = g = \frac{2p}{\sigma + \varrho} = \frac{p}{0{,}909} = \frac{8{,}8}{m} \text{ Zoll.}$$

Ueberhaupt aber hat man, auch für ungleichseitige Linsen, für die Krümmungshalbmesser die Ausdrücke

$$\frac{1}{f} = \frac{\varrho}{a} + \frac{\sigma}{\alpha} + \frac{\tau}{p}\sqrt{\lambda - 1},$$

$$\frac{1}{g} = \frac{\varrho}{\alpha} + \frac{\sigma}{a} - \frac{\tau}{p}\sqrt{\lambda - 1}.$$

Soll aber die Kugelabweichung ein Kleinstes seyn, so hat man $\lambda = 1$ zu setzen oder es ist für diesen Fall

$$\frac{1}{f} = \frac{\varrho}{a} + \frac{\sigma}{\alpha} \text{ und } \frac{1}{g} = \frac{\varrho}{\alpha} + \frac{\sigma}{a}.$$

Da aber bei einer einzigen Linie $a = p$ und $\alpha = \infty$ ist, so geben die letzten Gleichungen

$$f = \frac{p}{0{,}191} = \frac{41{,}93}{m} \text{ Zoll und}$$

$$g = \frac{p}{1{,}627} = \frac{4{,}92}{m} \text{ Zoll.}$$

Dadurch werden demnach die beiden Halbmesser der Linse bestimmt. Um noch die Helligkeit des durch diese Linse betrachteten Objectes zu bestimmen, so kann man wegen der hier vorauszusetzenden Kleinheit der Linse den Durchmesser des in das Auge tretenden Strahlencylinders gleich dem Durchmesser der Linse selbst setzen, so dafs also $x' = x$ wird, und dann ist das Mafs der Helligkeit gleich $K = 20x$.

Für gleichseitige Linsen war $x = \frac{0{,}3472}{m}$, also auch $K = \frac{6{,}94}{m}$, wofür man nach dem Vorhergehenden eigentlich das Quadrat dieses Ausdruckes zu setzen hat, so dafs $K^2 = \frac{48{,}16}{m^2}$ ist. Ist daher die Vergröfserung der Linse auch nur gleich der Zahl 7, so ist K^2 schon nahe gleich der Einheit oder die optische Klarheit ist der natürlichen des freien Auges gleich. Für stärkere Vergröfserungen nimmt die optische Klarheit immer mehr ab, und darin besteht auch einer der wesentlichsten Nachtheile der einfachen Mikroskope, sie leiden alle an Mangel der Beleuchtung und man mufs ihnen daher durch von Seitenspiegeln reflectirtes Licht nachzuhelfen suchen, wie bekannt.

Folgende kleine Tafel giebt die Brennweite p, die Halbmesser f, g, die halbe Oeffnung x in Pariser Zollen ausgedrückt und die Helligkeit oder die Gröfse $K = 20\,x$ für eine Linse, bei welcher die Kugelabweichung ein Kleinstes oder $\lambda = 1$ ist.

Vergröfserung	Brennweite	Halbmesser		Halbe Oeffnung	Mafs der Helle
m	p	f	g	x	K
10	0,8	4,19	0,49	0,04	0,8
20	0,4	2,10	0,25	0,02	0,4
40	0,2	1,05	0,12	0,01	0,2
80	0,1	0,52	0,06	0,01	0,1
100	0,08	0,42	0,05	0,004	0,08
140	0,06	0,30	0,03	0,003	0,06

Man sieht daraus, dafs man mit einer einzigen Linse nicht leicht eine Vergröfserung von 140 übersteigen darf, weil die Halbmesser f, g und die halbe Oeffnung x zu klein werden und besonders weil die Helle bei stärkeren Vergröfserungen gar zu sehr abnimmt.

Es wurde bereits oben erwähnt, dafs die früheren Beobachter Leeuwenhoek, Swammerdam u. A. sich statt dieser einfachen Linsen kleiner Glaskugeln bedienten; für solche Kugeln hat man[1] zwischen dem Halbmesser f und der Brennweite p der Kugel folgende Gleichung

$$p = \frac{(1 - \frac{1}{2}n).f}{n-1}.$$

Um die Vergröfserung m zu erhalten, ziehe man von den beiden Endpuncten des Objects nach dem Mittelpuncte der Kugel zwei gerade Linien, so werden diese die ungebrochen durchgehenden Hauptstrahlen jener zwei Endpuncte vorstellen, weil sie in der Richtung des Halbmessers, also senkrecht auf die Oberfläche der Kugel einfallen. Das Auge, welches hier ohne merklichen Fehler bei einer so kleinen Kugel in dem Mittelpuncte derselben angenommen werden kann, empfängt diese beiden Strahlen unter dem zu der Entfernung a + f gehörenden Winkel, wenn a die Entfernung des Objects von der ihm nächsten Oberfläche der Kugel bezeichnet, so dafs man daher hat

$$m = \frac{h}{a+f},$$

wo wieder h acht Zoll bedeutet. Da aber das Object zum Deutlichsehen in dem Brennpuncte der Kugel liegen oder da

1 S. Art. *Linsenglas* Bd. VI. S. 384., wenn man die dort gebrauchte Bezeichnung μ in unsere $\frac{1}{n}$ verwandelt.

a = p seyn muſs, so hat man, mit Berücksichtigung des vorhergehenden Werthes von p

$$m = 2(n-1)\frac{h}{nf} \text{ oder } m = (2-n)\frac{h}{na}.$$

Verfolgt man nun, nachdem so der Werth von m bekannt ist, die weitere Entwickelung ganz auf demselben Wege, wie so eben für die einfache Linse gezeigt worden ist, so erhält man, analog mit der vorhergehenden, die folgende, für kleine Glaskugeln bestimmte Tafel[1]:

Vergröſserung	Distanz des Objects	Halbmesser der Kugel	Halbmesser der Oeffnung der vordern	Halbmesser der Oeffnung der hintern	Halbes Gesichtsfeld	Maſs der Helle
10	0,23	0,57	0,010	0,050	0,020	1,00
20	0,12	0,28	0,010	0,020	0,010	0,50
30	0,08	0,19	0,005	0,020	0,005	0,33
40	0,06	0,14	0,003	0,013	0,004	0,25
50	0,05	0,11	0,003	0,010	0,003	0,20

wo alle Zahlen, die der ersten und letzten Columne ausgenommen, in Pariser Zollen ausgedrückt sind. Vergleicht man die beiden Tafeln unter einander, so sieht man, daſs die Helle bei den Kugeln gröſser ist, als bei den Linsen, so lange nämlich die Vergröſserung nicht zu stark ist, daſs aber, wie die zweite Columne der zweiten Tafel zeigt, bei den Kugeln die Objecte zu nahe an die Kugel gebracht werden müssen, welches die Folge hat, daſs die einzelnen, nicht in einer Ebene liegenden Theile des Objects undeutlich erscheinen. Auch sieht man, daſs das Gesichtsfeld bei den Kugeln sehr klein ist, was alles mit den Beobachtungen und mit den Klagen der Beobachter über diese Kugeln übereinstimmt.

Aus dem Vorhergehenden ist klar, daſs die Vergröſserung und Helle eines solchen einfachen Mikroskops nicht bloſs von den Halbmessern, von der Brennweite der Linsen und von der Glasart, d. h. von dem Werthe der Gröſse n, sondern auch von der Güte und von der Kurz- oder Weitsichtigkeit des Auges des Beobachters abhängt, da die Gröſse h für verschiedene Augen bald gröſser bald kleiner ist. Im Allgemeinen ist die Vergröſserung bei derselben Linse für ein kurz-

1 S. Euler Dioptrica Cap. I. Prob. IV.

sichtiges Auge stärker, als für ein weitsichtiges. Immer aber gehören zu stärker vergröſsernden Linsen oder Kugeln auch geringere Brennweiten und daher eine stärkere Annäherung des Objects an das Glas. Man hat in frühern Zeiten solche einfache Linsen häufig gebraucht, bei welchen die Vergröſserung im Durchmesser bis 200, also in der Fläche bis 40000 ging und die Brennweite daher nicht einmal eine halbe par. Linie betrug. Immerhin wird man diejenigen Linsen vorziehn, für welche die Fehler wegen der nothwendigen Kugelgestalt wenigstens so klein als möglich gemacht worden sind oder für welche $\lambda = 1$ ist. Auch müssen die dem Deutlichsehen schädlichen Randstrahlen durch eigene Fassungen dieser Linsen abgehalten und daher die *Oeffnungen* derselben sehr klein genommen werden. Auf die Abweichungen wegen der verschiedenen Brechbarkeit der einzelnen Farben läſst sich, wie bekannt, bei einfachen Linsen keine Rücksicht nehmen, da diese Abweichungen nur durch die Verbindung mehrerer Linsen weggebracht werden können. Um aber doch, so viel möglich, eine zu groſse chromatische Anomalie fern zu halten, wird man am besten solche Stoffe zu den Linsen wählen, welche die Sonnenstrahlen sehr stark brechen, aber dafür die Farben des Sonnenlichts nur sehr wenig zerstreuen. Aus diesem Grunde hat man diese Linsen oder kleinen Kugeln, statt aus Glas, aus Edelsteinen zu machen gesucht und die letzten in der That viel vorzüglicher gefunden, wie wir bald sehn werden. Folgende Tafel giebt die Gröſse n oder das Brechungsverhältniſs, d.h. das Verhältniſs des Sinus des Einfallswinkels zu dem des gebrochenen Winkels für mehrere Stoffe, die man zu solchen Linsen oder Kugeln verwenden kann. Ihnen ist noch das Zerstreuungsverhältniſs m für die Farben beigefügt, das so zu verstehn ist. Da jeder farbige Strahl des Sonnenlichts seine eigene Brechung hat, so sey n das Brechungsverhältniſs für den gelben Strahl, der bekanntlich in der Mitte des Sonnenspectrums liegt, und n' das Brechungsverhältniſs des rothen, so wie n'' das des violetten Strahls. Dieses vorausgesetzt nennt man die Gröſse m oder

$$m = \frac{n'' - n'}{n - 1}$$

das Zerstreuungsverhältniſs wegen der Farben. Die folgende Tafel giebt in ihrer ersten Columne die Dichte D und in den

zwei folgenden die Verhältnisse n und m der Brechung und der Farbenzerstreuung.

	D	n	m		D	n	m
Diamant . . .	3,52	2,49	0,038	Salzsäre . . .	1,16	1,38	0,043
Phosphor . .	1,77	2,22	0,128	Sapphir . . .	4,00	1,79	0,026
Terpentinöl .	0,88	1,48	0,042	Topas, gelber	3,55	1,64	0,025
Alkohol . . .	0,82	1,37	0,029	Beryll	2,65	1,60	0,037
Wasser	1,00	1,34	0,035	Flintglas . . .	3,72	1,64	0,050
Schwefelsäure	1,84	1,44	0,031	Kronglas . . .	2,52	1,54	0,036
Salpetersäure	1,48	1,41	0,045				

Statt einer Linse oder einer Kugel aus Glas oder Edelstein kann man auch eine mit Wasser oder Weingeist gefüllte kleine Glaskugel, auch wohl selbst nur einen Wassertropfen gebrauchen, den man in einem zu diesem Zwecke durchlöcherten Metallblättchen aufgefangen hat.

Da es grofse Geschicklichkeit erfordert, so kleinen Linsen beim Schleifen und Poliren derselben auf Taffet eine vollkommene sphärische Oberfläche zu geben, so hat man die erwähnten kleinen Kugeln, selbst in den neuern Zeiten, vorgezogen, so lange man nämlich bei den einfachen Mikroskopen stehn bleiben will. Schon der alte Hook verfuhr bei der Verfertigung dieser Glaskügelchen nicht unzweckmäfsig auf folgende Weise. Er zog einen feinen Glasstreifen durch Hülfe einer Blaslampe in dünne Fäden aus und hielt dann das Ende eines solchen Fadens über das Licht, bis es in ein solches Kügelchen zusammenschmolz, dann wurde dieses Kügelchen von dem Faden abgebrochen und in die kleine Oeffnung eines Metallplättchens so gesetzt, dafs die durch dasselbe gehenden Lichtstrahlen den Punct der Kugel nicht treffen konnten, in welchem es früher mit dem Glasfaden zusammenhing. Zuweilen schliff er auch noch diesen Theil der Kugel rein ab und polirte ihn dann auf die gewöhnliche Weise. De Torre in Neapel brachte noch vollkommnere Kügelchen dieser Art dadurch zu Stande, dafs er sie in kleine Höhlungen von calcinirtem Trippel legte und sie dann durch das Löthrohr zum Schmelzen brachte, wo sie von selbst eine ganz kugelförmige Gestalt annahmen. Butterfield bildete sich diese kleinen Kugeln, indem er mit einer befeuchteten Nadelspitze etwas feinen Glasstaub aufnahm und denselben an einer

Spirituslampe schmelzen liefs. Wenn der der Nadelspitze nächste Theil des Glaskügelchens nicht vollkommen geschmolzen war, so wurde die Kugel von der Nadelspitze abgenommen und, nachdem die Spitze der Nadel wieder befeuchtet worden war, auf der entgegengesetzten Seite der Kugel aufgesteckt und der Flamme wieder genähert, bis sie eine vollkommen sphärische Gestalt erhielt. SIVRIGHT steckte kleine Glasstückchen in Oeffnungen eines Platinblättchens, deren Durchmesser nur den 10. oder 20. Theil eines Zolls hatte, und liefs diese Glasstückchen vor einem Löthrohre schmelzen, wodurch er seine Kügelchen zugleich mit ihrer Fassung von Platin erhielt. STEPHAN GREY fing, ganz einfach, Wasser mit Metallblättchen auf, die sehr kleine Oeffnungen hatten, BREWSTER that dasselbe mit Oel und Firnifs. Nach dessen Meinung aber sind doch die besten einfachen Mikroskope diejenigen, welche entstehn, indem man verschiedene Flüssigkeiten in kleine Tropfen auf eine ebene Glasfläche giefst, wodurch man also kleine, planconvexe Linsen erhält. Ebenso erhielt BREWSTER, wie er sagt, ganz vorzügliche Mikroskope, indem er die sphärische Krystalllinse aus den Augen der Elrize, des Bitterfisches und anderer kleiner Fische nahm, wobei man nur darauf zu sehn hat, dafs die Gesichtslinie des Beobachters zugleich in die Axe der Linse falle[1]. Für die besten einfachen Mikroskope erklärt er aber doch noch immer diejenigen, deren Linsen aus Edelsteinen gemacht sind, besonders aus Granat, Sapphir und Diamant. BREWSTER war unseres Wissens der erste, der auf diese Gattung von Mikroskopen aufmerksam machte[2]. Zwei solche Linsen, eine von Rubin und die andere von Granat, die er sich von dem Optiker HILL in Edinburg verfertigen liefs, gaben dieselbe Vergröfserung, eine Glaslinse, obschon ihre Krümmung viel kleiner war, und da sie überdiefs die blauen Farben des Spectrums gänzlich absorbirten, so sah man durch sie die Gegenstände viel klarer und deutlicher, als durch Glaslinsen. Diejenigen miskroskopischen Linsen von Sappbir und Diamant, die jetzt PRITCHARD in London macht, sollen an Vollkommenheit alle frühern einfachen Mikroskope weit hinter sich zurück lassen. Der Diamant würde sich von allen

1 Edinburgh Journ. of Science. N. III. p. 98.

2 BREWSTER Treatise on new Philos. Instruments. Edinb. 1813. 8.

übrigen Stoffen am besten zu diesem Zwecke eignen, da, wie die vorhergehende Tafel zeigt, sein Brechungsverhältnifs n so grofs und seine Farbenzerstreuung so klein ist. Aber dieser Edelstein ist selten ganz homogen und frei von der doppelten Brechung zu finden. Aus dieser Ursache ist der Sapphir weniger anwendbar, da seine doppelte Brechung so stark ist. Der Granat scheint allen andern Edelsteinen vorzuziehn zu seyn, da er von dieser doppelten Brechung ganz frei ist und überdiefs mit einiger Umsicht leicht ganz rein und homogen erhalten wird. Brewster besitzt zwei solche Mikroskope von Granat, die der Optiker Adie verfertigte und die alle andern, die er je gesehn, weit übertreffen sollen. Ihre Brennweite ist nahe der 40ste Theil eines Zolls.

Derselbe Brewster hat auch eine *Halbkugel* als Mikroskop vorgeschlagen, durch welche die Lichtstrahlen zweimal gebrochen und einmal, von ihrer Basis, reflectirt werden. Sey ABC diese halbe Kugel und O der leuchtende Punct, so Fig.
werden die von diesem Puncte ausgehenden Strahlen an dem 287.
Theile AB der Kugelfläche gebrochen, in der Basis AC der Hemisphäre, wie von einem Spiegel, in den Puncten a, b, c reflectirt und an dem Theile BC der Kugelfläche zum zweiten Male gebrochen, wo sie dann in unter sich parallelen Richtungen nach a′, b′, c′.. in das Auge des Beobachters und zwar so kommen, als ob sie in a, b, c nicht reflectirt worden, sondern als ob sie ganz durch die andere Hälfte ADC der Kugel gegangen wären. Man erhält also dadurch eine doppelte Vergröfserung und bedarf keiner ganzen Kugel mehr, die so schwer in vollkommen sphärischer Form von unsern Künstlern zu erhalten ist.

Wollaston hat einen andern sinnreichen Vorschlag zur Verbesserung der einfachen Miskroskope gemacht. Er stellte zwischen zwei planconvexe Linsen von derselben Gröfse und Gestalt ein Metallblättchen AB, das in seiner Mitte, bei C, Fig.
eine kreisförmige Oeffnung hatte, dessen Durchmesser nahe 288.
den fünften Theil der Brennweite jeder der beiden Linsen betrug. Wenn diese Oeffnung zwischen den beiden Linsen genau centrirt war, so fand er, dafs das Gesichtsfeld des so vorgerichteten Mikroskops volle zwanzig Grade betrug. Brewster sucht diese Einrichtung noch dadurch zu verbessern,

dafs er die erwähnte centrale Oeffnung bei C mit einem Cement ausfüllt, welches dieselbe brechende Kraft hat, als die Masse der beiden Linsen, oder, wie er meint, besser noch dadurch, dafs er eine Glaskugel ringsum in einem gröfsten Kreise gleichsam canalartig ausschleift, wo dann die Kugel die durch
Fig. die Zeichnung ausgedrückte Gestalt erhalten wird, wo durch
289. den Canal ABCD die centrale Oeffnung der Kugel begrenzt wird, und er hält diese Form, gehörig in Granat ausgeführt, nicht nur bei einfachen, sondern selbst bei zusammengesetzten Mikroskopen für die vortheilhafteste unter allen.

Je stärker übrigens die Vergröfserung ist, desto schwächer beleuchtet erscheint das Bild bei allen Mikroskopen. Man mufs daher diesem Uebelstande durch künstliche Mittel abzuhelfen suchen. Für diaphane Objecte bringt man unter dem Objecte einen kleinen Hohlspiegel an, um dadurch das Object besser zu beleuchten. Auch pflegt man an die Fassung des Mikroskops selbst eigene, sehr kleine Hohlspiegel anzubringen, damit sie den Gegenstand seitwärts von oben beleuchten. Dieses sind die sogenannten *Lieberkühn'schen Spiegelchen* und sie leisten nicht nur bei opaken Gegenständen, sondern auch noch zu andern Zwecken, von welchen wir weiter unten sprechen werden, grofsen Nutzen.

Der vorhergehenden Theorie zufolge wird das Auge des Beobachters in der Mitte der Linse vorausgesetzt. Da dieses in der Ausführung unmöglich ist, so mufs das Auge wenigstens so nahe, als möglich, an diejenige Oberfläche der Linse gebracht werden, die von dem Objecte abgewendet ist. Dieses ist aber oft unbequem und selbst lästig. Man wird aber bald bemerken, dafs bei gut eingerichteten Mikroskopen, deren Oeffnung nicht gar zu klein ist, das Auge auch wohl etwas weiter von der Linse abstehn kann, ja dafs dann sogar das Object noch mehr vergröfsert erscheint, als wenn das Auge ganz nahe steht, dafs aber auch zugleich das Gesichtsfeld und in gröfserer Entfernung auch die Helligkeit des Bildes kleiner wird. Aus dieser Ursache pflegt man, um mit derselben Linse stärkere Vergröfserungen zu erhalten, sie an das Ende einer hohlen Röhre zu befestigen, wo dann das Auge des Beobachters an das andere Ende der Röhre gebracht wird. Die Röhre hält hier die störenden Seitenstrahlen ab, aber das Ge-

sichtsfeld, wie gesagt, wird durch diese Entfernung des Auges von der Linse immer kleiner.

Die Fassungen der einfachen Mikroskope bestehn gewöhnlich aus bloſsen Ringen von Holz, Horn oder Metall, und sind zu bekannt, als daſs sie hier umständlich angeführt werden sollten. Die gewöhnlichen Loupen bestehn aus einer gleichseitigen Linse, wo der Halbmesser der Krümmung beider Flächen derselbe ist, damit man sie mit derselben Wirkung von beiden Seiten gebrauchen kann. Soll aber, zum wissenschaftlichen Gebrauche, die Kugelabweichung ein Kleinstes seyn, so muſs man, wie wir oben gesehn haben, die Halbmesser der Krümmung verschieden nehmen, wobei für die Ausübung zu bemerken ist, daſs die convexere Seite immer gegen das Object gewendet werden soll. Häufig werden zwei und selbst mehrere solcher einfachen Linsen in einer einzigen Fassung gehalten, wo dann jede dieser Linsen eine eigene Brennweite und Vergröſserung hat und man, je nach Bedürfniſs, bald die eine, bald die andere, und bald auch mehrere zugleich über einander gestellt, gebrauchen kann. Solche Loupen werden gewöhnlich in Ringen gefaſst mit einem Handgriff und mit einem gemeinschaftlichen Deckel zu beiden Seiten versehn. Zu wissenschaftlichem Gebrauche versieht man diese Fassung auch wohl mit einer feinen Zange oder mit einem in eine feine Spitze auslaufenden Stifte, um darauf kleine Insecten u. dgl. zu befestigen. Die kürzeste Brennweite, die man bisher den mikroskopischen Glaslinsen gegeben hat, ist nahe $\frac{2}{3}$ einer par. Linie, womit man die Vergröſserung bis etwa 240 im Durchmesser treiben kann. Wenn man stärkere Vergröſserungen wünscht, so muſs man Glaskügelchen oder Linsen aus Edelsteinen nehmen.

II. Einfache Mikroskope mit Doppellinsen.

Da der Gebrauch der einfachen Linsen, wie man gesehn hat, sehr beschränkt ist, so hat man es versucht, zwei oder auch mehrere derselben unmittelbar an einander zu fügen, so daſs sie sich beinahe berühren und dadurch gleichsam die Stelle einer einzigen Linse vertreten. Diese Vorrichtung hat die Vortheile, daſs man für dieselbe Vergröſserung nicht mehr so stark convexe Linsen gebraucht, die immer schwer zu

verfertigen sind; dafs ferner die Lichtstärke oder Helligkeit durch eine solche vielfache Linse viel gröfser ist, als durch eine einfache sehr convexe oder durch ein Glaskügelchen, und dafs endlich auch die Kugelabweichung hier kleiner gemacht und die Farbenzerstreuung gänzlich weggebracht werden kann.

Diese einfachen Mikroskope unterscheiden sich von den später zu betrachtenden zusammengesetzten dadurch, dafs bei den einfachen, da die Linsen beinahe im Contact mit einander sind, zwischen ihnen kein Bild des Gegenstandes entstehn kann, während das zusammengesetzte Mikroskop allerdings solche Bilder zwischen den Linsen hat. Um von der Einrichtung eines solchen einfachen Mikroskops einen allgemeinen
Fig. 290. Begriff zu geben, seyen A, B die beiden einander sehr nahe stehenden Linsen und O o das Object, welches man durch jene Linsen betrachten will. Wenn dieses Linsenpaar in eine solche Entfernung von dem Objecte O o gestellt wird, dafs die von demselben auf die Linse A fallenden Strahlen durch diese Linse so gebrochen werden, als kämen sie von den Puncten D und d her, und wenn sie dann von der zweiten Linse B neuerdings so gebrochen werden, dafs sie einem in L stehenden Auge von den Puncten E und e, und zwar aus einer Entfernung L E, zu kommen scheinen, die der natürlichen Sehweite h des unbewaffneten Auges gleich ist, so wird man dadurch den Gegenstand O o nicht nur deutlich, sondern auch mehrmals vergröfsert sehn.

Chevalier hat diesen Mikroskopen eine sehr sinnreiche Einrichtung gegeben, wodurch man den Gegenstand O o sogleich auf einem matten Glase oder auf einem diaphanen Papiere sehn kann. Bei ihm sind die beiden Linsen A und B planconvex und so gestellt, dafs ihre convexen Seiten einwärts, zwischen A und B, gekehrt sind. Nach der Brechung durch die zweite Linse B fallen die Strahlen auf ein dreiseitiges, gleichschenkliges Prisma F G H, in welchem sie von der mit Papier belegten Hypotenuse F H nach der Richtung L K zurückgeworfen werden, so dafs man auf einem über G H gelegten mattgeschliffenen Glase den Gegenstand sehn und bequem abzeichnen kann. Man sieht ohne weitere Erklärung, wie sich dasselbe Verfahren auch auf ein System von mehr als zwei nahe aneinander stehenden Linsen anwenden lassen wird und dafs man überdiefs, um eine gröfsere Helle des Bildes zu

erlangen, das Object O o durch zur Seite stehende Concavspiegel beleuchten kann.

Um auch auf solche Systeme die oben gegebenen theoretischen Sätze der Dioptrik anzuwenden, seyen A und B die beiden Linsen, F ihr gemeinschaftlicher Brennpunct, d. h. derjenige Punct, aus welchem die Strahlen divergirend so auf die erste Linse A aufzufallen haben, dass dieselben, nach der Brechung durch die zweite Linse B, in unter sich parallelen Richtungen in das Auge L kommen, weil das Auge nur solche Gegenstände deutlich sieht, von welchen die Strahlen in parallelen Richtungen auf dasselbe gelangen. Behält man die oben eingeführten Bezeichnungen bei, wo a, α und a', α' die beiden Vereinigungsweiten der Linsen A und B und wo p, p' die Brennweiten dieser Linsen bedeuten, so ist a = A O und α negativ, also auch $a < p$. Weiter hat man $\alpha = - a'$, $a' = p'$ und, da die Strahlen parallel in das Auge kommen sollen, $\alpha' = \infty$. Demnach hat man auch sofort für die Vergrösserungszahl m eines solchen Linsenpaars Fig. 291.

$$m = \frac{h}{a} \cdot \frac{\alpha}{p'} = - \frac{h}{a}.$$

Das negative Zeichen dieses Ausdruckes zeigt, nach den bekannten ersten Gründen der Dioptrik, an, dass man durch ein solches Linsenpaar den Gegenstand nicht verkehrt, sondern in seiner natürlichen, aufrechten Stellung sieht.

Der Halbmesser der Kugelabweichung ist nach der oben gegebenen Gleichung (III)

$$R = \frac{\alpha x^3}{4 p'} \left[\frac{\mu}{p} \left(\frac{\lambda}{p^2} + \frac{\nu}{a \alpha} \right) + \frac{\mu'}{p'} \left(\frac{\lambda'}{p'^2} + \frac{\nu'}{a' \alpha'} \right) \right]$$

oder, da wir schon $p' = \frac{\alpha h}{am}$ erhalten haben und da $\alpha' = \infty$ ist,

$$R = \frac{m a x^3}{4 h} \left[\mu \left(\frac{\lambda}{p^3} - \frac{\mu \nu}{a p p'} \right) + \frac{\mu' \lambda'}{p'^3} \right].$$

Ist $\mu = \mu'$ für Linsen aus demselben Stoffe, z. B. aus derselben Glasart, und sucht man dem Systeme die kleinste Kugelabweichung zu geben, so ist $\lambda = \lambda' = 1$, also auch

$$R = \frac{\mu m x^3}{4 a^2 h} \left(\frac{a^3}{p^3} - \frac{\nu a^2}{p p'} + \frac{a^3}{p'^3} \right).$$

Setzt man der Kürze wegen

$$A = \frac{a}{p} \text{ und } A' = \frac{a}{p'} = -\frac{a}{\alpha}$$

und berücksichtigt man die oben gegebene Fundamentalgleichung der Dioptrik

$$\frac{1}{p} = \frac{1}{a} + \frac{1}{\alpha} \text{ oder } \frac{a}{p} = 1 + \frac{a}{\alpha},$$

so hat man $A + A' = 1$ und daher für den Halbmesser der kleinsten Kugelabweichung

$$R = \frac{\mu m x^3}{4 a^2 h} [A^3 - \nu . A A' + A'^3].$$

Daraus folgt, dafs R einen gröfsten oder kleinsten Werth erhält, wenn $Z = A^3 - \nu . A A' + A'^3$ ein Gröfstes oder ein Kleinstes ist. Differentiirt man aber die letzte Gleichung in Beziehung auf Z und A und setzt $\frac{dZ}{dA} = 0$, so erhält man

$$(3 + \nu)(1 - 2A) = 0,$$

woraus $A = \frac{1}{2}$ folgt, und dieser Werth von A giebt für den gesuchten kleinsten Werth von

$$Z = \frac{1 - \nu}{4}.$$

Wir haben demnach $A = A' = \frac{1}{2}$ und also auch $p = 2a = -\alpha = p'$, so dafs man für R erhält

$R = \frac{\mu (1 - \nu) m x^3}{16 a^2 h}$, wofür wir wieder $R = \frac{1}{4 g^3}$ setzen wollen, so dafs man also hat

$$x = \frac{1}{g} \sqrt[3]{\frac{4 a^2 h}{\mu m (1 - \nu)}} = \frac{2h}{mg} \sqrt[3]{\frac{1}{2 \mu (1 - \nu)}}.$$

Setzt man also wieder, wie in den obigen Beispielen, $n = 1{,}55$, so giebt unsere kleine Tafel $\mu = 0{,}938$, $\nu = 0{,}233$, und wenn die natürliche Sehweite $h = 8$ Zoll und der gröfste zulässige Fehler $g = 20$ Secunden gesetzt wird,

$$x = \frac{0{,}708}{m},$$

und dieser Ausdruck giebt den Halbmesser der Oeffnung der Linsen unter der Voraussetzung, dafs die Kugelabweichung ein Minimum ist.

Das Mafs der Klarheit oder die Gröfse $K = 20 x'$ ist, wenn man $x' = x$ setzt und die Dicken der Linsen vernachlässigt,

$$K = \frac{14,16}{m}.$$

Vergleicht man diese Resultate für x und K mit denjenigen $\left(x = \frac{0,41}{m} \text{ und } K = \frac{7}{m}\right)$, welche wir oben für einfache Linsen erhalten haben, so sieht man, daſs man durch die Einführung einer solchen Doppellinse an der Oeffnung des Glases sowohl, als auch an der Helle des Bildes bedeutend gewinnen kann, daher man diese Doppellinsen den einfachen vorziehn muſs. Die Halbmesser der Krümmungen der beiden Linsen wird man, wie oben, bestimmen. Etwas genauer werden die Ausdrücke mit den Beobachtungen übereinstimmen, wenn man auch die Dicke der Linsen und die Entfernungen ihrer Mittelpuncte berücksichtigt, wegen deren wir, der Kürze wegen, auf Klügel's analyt. Dioptrik §. 557 verweisen.

Betrachten wir dafür noch ein System von drei solchen Linsen A, B, C. Seyen p, p', p'' in derselben Ordnung die Brennweiten dieser Linsen, L der Ort des Auges und O das Object. Die erste Linse soll die von dem Objecte auf sie geschickten Strahlen so brechen, daſs sie, nach der Brechung, divergirend aus F zu kommen scheinen, uud die zweite Linse so, daſs sie divergirend aus G zu kommen scheinen, aus welcher Ursache daher die dritte Linse C ihren Brennpunct in diesem Puncte G haben muſs. Wenn man nun wieder die Dicke und die Distanzen dieser Linsen von einander vernachlässigt, so hat man Fig. 292.

$$AO = a,\ AF = -\alpha = BF = a',$$
$$BG = -\alpha = CG = a'' = p'' \text{ und } \alpha'' = \infty.$$

Dieses vorausgesetzt hat man vermöge der kurz vorher angeführten Fundamentalgleichung der Dioptrik

$$\frac{1}{p} = \frac{1}{a} + \frac{1}{\alpha};\ \frac{1}{p'} = \frac{1}{a'} + \frac{1}{\alpha'} = -\frac{1}{\alpha} + \frac{1}{\alpha'} \text{ und } \frac{1}{p''} = \frac{1}{a''} = -\frac{1}{\alpha'},$$

woraus sofort folgt

$$\frac{1}{p} + \frac{1}{p'} + \frac{1}{p''} = \frac{1}{a} \text{ und } \frac{1}{p'} + \frac{1}{p''} = \frac{1}{a'}.$$

Sind alle drei Linsen von demselben Stoff, so ist auch der Werth von n, so wie der von μ und ν für alle gleich groſs, und man erhält durch Hülfe der vorhergehenden Gleichung (III) den Halbmesser der kleinsten Kugelabweichung, für welchen $\lambda = \lambda' = \lambda'' = 1$ ist, durch folgenden Ausdruck:

$$R = \frac{\mu m a x^3}{4 h}\left[\frac{1}{p^3} + \frac{\nu}{p a \alpha} + \frac{1}{p'^3} + \frac{\nu}{p' a' \alpha'} + \frac{1}{p''^3}\right]$$

oder auch

$$R = \frac{\mu m x^3}{4 a^2 h}\left[\frac{a^3}{p^3} + \frac{\nu a^2}{p \alpha} + \frac{a^3}{a'^3}\left(\frac{a'^3}{p'^3} - \frac{\nu a'^2}{a' p''} + \frac{a'^3}{p''^3}\right)\right].$$

Der letzte Theil

$$\frac{a'^3}{p'^3} - \frac{\nu a'^2}{a' p''} + \frac{a'^3}{p''^3}$$

dieses Ausdrucks wird, wenn man ihn ebenso, wie oben für die Doppellinse behandelt, seinen kleinsten Werth $\frac{1}{4}(1-\nu)$ geben, wenn man $p' = p'' = 2a'$ setzt, so dafs man demnach hat

$$R = \frac{\mu m x^3}{4 a^2 h}\left(\frac{a^3}{p^3} + \frac{\nu a^2}{p \alpha} - \tfrac{1}{4}(1-\nu) \cdot \frac{a^3}{\alpha^3}\right).$$

Setzt man

$$Z = \frac{a^3}{p^3} + \frac{\nu a^2}{p \alpha} - \tfrac{1}{4}(1-\nu)\frac{a^3}{\alpha^3}$$

und der Kürze wegen $A = \frac{a}{p}$ und $A' = -\frac{a}{\alpha}$, so dafs also $A + A' = 1$ wird, so hat man

$$Z = A^3 - \nu A(1-A) + \tfrac{1}{4}(1-\nu)(1-A)^3$$

oder

$$Z = \tfrac{1}{4}(3+\nu)(A^3 + A^2 - A) + \tfrac{1}{4}(1-\nu),$$

also auch

$$\frac{dZ}{dA} = \tfrac{1}{4}(3+\nu)(3A^2 + 2A - 1) \text{ und } \frac{d^2 Z}{dA^2} = \tfrac{1}{4}(3+\nu)(6A+2).$$

Wird daher $\frac{dZ}{dA} = 0$ gesetzt, so findet man für A die zwei Werthe

$$A = -1 \text{ und } A = +\tfrac{1}{3}$$

und da der zweite dieser Werthe die Gröfse $\frac{d^2 Z}{dA^2}$ positiv macht, so wird Z ein Kleinstes für $A = \frac{1}{3}$, und dieser kleinste Werth selbst ist

$$Z = \tfrac{1}{27}(3 - 8\nu).$$

Da man ferner für $A = \frac{1}{3}$ erhält $p = -2\alpha = 2a' = 3a$ und $p' = 2a' = 3a$, so wie $\alpha' = -3a$ und $p'' = 3a$, so hat man, wenn man diese Ausdrücke in der dritten der Gleichungen (I) substituirt, für die Vergröfserungszahl einer solchen dreifachen Linse

$$m = \frac{\alpha\alpha'\alpha''}{a'a''a'''} = \frac{h\alpha\alpha'}{a\,a'a''} = \frac{h}{a},$$

so wie für den Halbmesser der kleinsten Kugelabweichung

$$R = \frac{\mu m x^3}{4a^2 h};\quad Z = \frac{\mu m x^3}{4a^2 h}\cdot\frac{3-8\nu}{27}.$$

Setzt man ihn daher wieder gleich $\frac{1}{4g^3}$, so erhält man sofort

$$x = \frac{3h}{mg}\sqrt[3]{\frac{1}{(3-8\nu)\mu}}.$$

Für $h=8$ Zoll, $g=20$ Secunden und $\mu=0{,}938$, $\nu=0{,}233$ ist daher

$$x = \frac{1.174}{m}$$

und der Halbmesser K des Helligkeitsmafses

$$K = 20x' = 20x = \frac{23{,}5}{m}.$$

Dieses reicht hin zu zeigen, dafs man mit einer dreifachen Linse eine viel gröfsere Oeffnung und viel mehr Helligkeit des Bildes erhalten kann, als mit einer doppelten, und so könnte man dieselben Untersuchungen auch auf vier- und mehrfache Linsen ausdehnen.

III. Zusammengesetzte Mikroskope mit zwei Linsen.

Wir gehn nun zu denjenigen Mikroskopen über, die aus zwei oder mehreren, aber von einander durch beträchtliche Distanzen getrennten Linsen bestehn, zwischen welchen ein oder mehrere Bilder des Objectes statt haben.

Die älteste und wohl auch einfachste Art dieser Mikroskope besteht aus einem kleinen biconvexen Objective A, Fig. 293.
dessen Brennweite sehr klein ist, und aus einem gröfsern biconcaven Oculare B, so dafs daher dieses Mikroskop im Grunde ganz dem sogenannten Galilei'schen oder holländischen Fernrohre[1] ähnlich ist und auch die meisten Fehler desselben gemeinschaftlich hat. Die Distanz des Gegenstandes von dem Objective A wird etwas gröfser als die Brennweite des Ob-

---

1 S. Art. *Fernrohr.* Bd. IV. S. 154.

jectivs angenommen, daher auf der andern Seite des Objectivs in einer beträchtlichen Entfernung von demselben ein reelles Bild entstehn würde. Allein ehe noch die Strahlen zur Gestaltung dieses Bildes sich vereinigen, werden sie von dem concaven Oculare B aufgefangen und dann, nach der Brechung durch dieses Ocular, in parallelen Richtungen in das Auge des Beobachters gebracht. Dadurch wird also der Gegenstand aufrecht gesehn, wie in dem Galilei'schen Fernrohre, aber, wie bei diesem, ist die Vergröſserung, das Gesichtsfeld und die Helligkeit des Bildes nur gering, wenn nicht das Mikroskop selbst von unmäſsiger Länge seyn soll. Auf die Entfernung der Abweichung wegen der Kugelgestalt und der Farbenzerstreuung kann ebenfalls keine Rücksicht genommen werden, so lange man sich bloſs auf die erwähnten zwei Linsen beschränkt.

Ohne uns daher bei einem so unvollkommnen Instrumente länger aufzuhalten, wollen wir sogleich zu demjenigen zusammengesetzten Mikroskope übergehn, das gleich dem astronomischen oder Kepler'schen Fernrohre[1] aus zwei biconvexen Linsen besteht.

Fig. 293. Sey also wieder A das Objectiv, dessen Brennweite $AF = p$ ist, und B das Ocular, so wie O das Object in der Entfernung $OA = a$ von dem Objective. Da übereinstimmend mit der Zeichnung a etwas gröſser als p ist, so fällt das Bild des Objects O in den Punct G, wo $AG = \alpha$ die zweite Vereinigungsweite des Objectivs ist. Ist dann $BG = p'$ die Brennweite des Oculars, so fallen die von dem Bilde O kommenden Strahlen nach ihrer Brechung durch das Ocular B in unter sich parallelen Richtungen auf das Auge L.

Dieses vorausgesetzt geben die Gleichungen (I)

$$m = \frac{h}{a} \cdot \frac{\alpha}{a'} = \frac{h}{a} \cdot \frac{\alpha}{p'}, \text{ und da } \frac{a}{p} = 1 + \frac{a}{\alpha} \text{ ist,}$$

$$p = \frac{mp' . a}{mp' + h} \text{ und } a = \left(1 + \frac{h}{mp'}\right) . p .$$

Da man bei zwei einfachen und getrennten convexen Linsen die Farbenzerstreuung, so wie die Kugelabweichung bekanntlich nicht wegbringen kann, so wird man, wenn man weiter keine Bedingung erfüllen will, von den vier Gröſsen a, p, p'

1 S. Art. *Fernrohr*. Bd. IV. S. 158.

und m drei derselben nach Willkür annehmen können und dann die vierte durch eine der vorhergehenden Gleichungen bestimmen. So könnte man z. B. die Vergröfserung m nach Belieben annehmen und einem solchen Mikroskope jede noch so starke Vergröfserung geben. Allein dann würde für eine stärkere Vergröfserung auch die Farbenzerstreuung, so wie die Abweichung wegen der Kugelgestalt endlich ins Unerträgliche wachsen und zugleich die Länge des Mikroskops so grofs werden, dafs es nicht weiter gebraucht werden könnte. Wir wollen daher umgekehrt diese Länge L des Mikroskops willkürlich, also im Allgemeinen zu bequemerem Gebrauche nur klein, annehmen und die Vergröfserung m suchen, welche ein solches Mikroskop für zwei gegebene Linsen, deren Brennweiten p und p′ sind, haben würde.

Da die Länge des Mikroskops L immer $=\alpha+p'$ ist, so erhält man daraus und aus der Gleichung

$$\frac{1}{p}=\frac{1}{a}+\frac{1}{\alpha}$$

durch Elimination der Gröfse α

$$a=\frac{p\alpha}{L-(p+p')}$$

und daher für die Vergröfserung

$$m=\frac{h\alpha}{ap'}=h\left(\frac{L}{pp'}-\frac{1}{p}-\frac{1}{p'}\right).$$

Wäre z. B. L = 5 Zoll, p = ½ und p′ = 1 Zoll, so hätte man m = 56 für die stärkste Vergröfserung im Durchmesser, die man mit einem solchen 5 Zoll langen Mikroskope erreichen könnte.

Der Halbmesser des Gesichtsfelds, den wir oben durch φ bezeichnet haben, wird man aus der ersten der Gleichungen (II) oder aus

$$\varphi=\frac{p'w'}{\alpha+a'}$$

ableiten können. Da nämlich bereits

$$m=\frac{h\alpha}{ap'} \text{ oder } \alpha=\frac{amp'}{h}$$

gefunden wurde, so ist auch

$$\varphi=\frac{p'w'h}{amp'+p'h} \text{ oder } \varphi=\frac{hw'}{am+h}.$$

Bei Mikroskopen wird aber die Gröfse a oder die Entfernung

des Gegenstandes von dem Objective nicht leicht gröfser als $\frac{1}{2}$ Zoll angenommen, und die Werthe von w sind, wie bereits oben gesagt worden ist, alle eigentliche Brüche, die die Gröfse $\frac{1}{4}$ nicht wohl übersteigen. Nimmt man also $a = \frac{1}{2}$ und $w' = \frac{1}{4}$, so wie wieder $h = 8$ Zoll, so hat man durch die letzte Gleichung

$$\varphi = \frac{4}{16 + m}.$$

Wenn man diesen Winkel φ mit der ersten Vereinigungsweite a multiplicirt, so erhält man $a\varphi$ oder eigentlich a. Tang. φ, und da dieses der Werth des Halbmessers ϱ des Objects ist, den man durch das Mikroskop noch übersehn kann, so ist der eigentliche Halbmesser ϱ des Gesichtsfeldes

$$\varrho = a\varphi = \frac{2}{16 + m} \text{ Zoll.}$$

Für $m = 50$ ist daher die Hälfte des Gesichtsfeldes nahe $\frac{1}{33}$ Zoll. Setzt man für die kleinste Kugelabweichung die Werthe von λ gleich der Einheit, so hat man für die Halbmesser f und g des Objectivs den oben unmittelbar den Gleichungen (I) vorhergehenden Ausdrücken zufolge

$$\frac{1}{f} = \frac{\varrho}{a} + \frac{\sigma}{\alpha} \text{ und } \frac{1}{g} = \frac{\varrho}{\alpha} + \frac{\sigma}{a},$$

oder da hier sehr nahe $a = p$, also auch $\alpha = \infty$ ist,

$$f = \frac{p}{\varrho} = 5{,}24\,p \text{ und } g = \frac{p}{\sigma} = 0{,}61\,p.$$

Das Ocular aber wird gewöhnlich gleichseitig gemacht und die Oeffnung desselben gleich der Hälfte seiner Brennweite p' genommen. Um endlich den Halbmesser x der Oeffnung des Objectivs zu bestimmen, setzen wir wieder annähernd $p = a$ und $\alpha = \infty$, so wie $\lambda = 1$, wodurch man aus der Gleichung (III) erhält

$$R = \frac{\mu m x^3}{4 h p^2}$$

oder, wenn wir diesen Werth von R wieder gleich $\frac{1}{4 g^3}$ setzen,

$$x = \sqrt[3]{\frac{h p^2}{\mu m g}} = \sqrt[3]{\frac{1}{3753\,m}},$$

wo $h = 8$, $\mu = 0{,}938$; $p = \frac{1}{2}$ und $g = 20$ Secunden angenommen wurde.

Noch hat man für den Halbmesser K des Helligkeits-Masses

$$K = 20\,x' = \frac{20\,h\,x}{a\,m} = 320\,\frac{x}{m} = \frac{320}{m\sqrt{3753\,m}}.$$

Für ein Mikroskop, das den Gegenstand im Durchmesser 50mal vergrössert, oder für m = 50 ist daher der Halbmesser x der Oeffnung des Objectivs

$$x = \tfrac{1}{57}\text{ Zoll}$$

und das Helligkeitsmass $K = \frac{1}{9}$,
oder, wenn man das Quadrat von K nimmt, so verhält sich die optische Klarheit des Mikroskops zur natürlichen Helle des Gegenstandes wie 1 zu 81, so dass also diesen Mangel an Helligkeit durch Seitenspiegel zu ersetzen unumgänglich nothwendig wird; doch mag man bemerken, dass man x und also auch K in der Ausübung beträchtlich grösser oder, was dasselbe ist, g bedeutend kleiner annehmen kann, ohne dadurch einen für unser Gesicht noch sehr merkbaren Fehler zu erzeugen.

Ueberdiess leidet ein solches, aus bloss zwei convexen Linsen bestehendes Mikroskop noch an dem Gebrechen, dass es für einen bequemen Gebrauch zu lang wird, weil a sehr nahe gleich p, also *α* sehr gross wird. Diese zu grosse Länge des Instruments führt noch den Nachtheil mit sich, dass es auch zugleich eine sehr bedeutende Farbenzerstreuung hat, wodurch das deutliche Sehen des Gegenstandes ungemein gehindert wird.

IV. Zusammengesetztes Mikroskop mit drei Linsen.

Man kann aber diesen Umständen grösstentheils durch die schickliche Hinzufügung eines zweiten Oculars C zwischen dem Objective A und dem Bilde G abhelfen, wodurch zugleich das Gesichtfeld, wie wir bald sehn werden, vergrössert wird. Man pflegt in der Künstlersprache dieses zweite Ocular das *Collectivglas* zu nennen, weil es die von dem Objective A kommenden Strahlen in einen engern Raum sammelt, indem es diesen Strahlen eine stärkere Convergenz gegen das erste Ocular B giebt.

Wendet man auf ein solches Instrument mit drei Linsen die Gleichungen (I) und (II) an, so hat man

$$\begin{cases} m = \frac{h}{a} \cdot \frac{\alpha\alpha'}{a'a''} \\ p' \; w' = (\alpha + a') \cdot \varphi \\ p'' w'' = \left(\frac{\alpha\alpha'}{a'} - a''\right) \varphi + a'' \; w' \\ w' + w'' \cdot \frac{a''}{\alpha'} = 0 \end{cases}$$

In diesen Ausdrücken sind die Gröſsen a, α, α', a″ und w′ sämmtlich ihrer Natur nach positiv; die Werthe von a′ und w″ aber sind negativ und überdieſs ist $a'' = p''$ und die letzte Vereinigungsweite $\alpha'' = w$, damit die von dem Oculare B gebrochenen Strahlen parallel in das Auge L des Beobachters gelangen können.

Setzt man der Kürze wegen

$P = -\frac{\alpha}{a'}$ und $Q = \frac{\alpha'}{a''}$, $w'' = -w'$ und endlich $w' = \zeta w$,

so gehn die vier vorhergehenden Ausdrücke in folgende über,

$$\begin{cases} m = \frac{h}{a} \cdot P Q \\ \frac{p' w \zeta}{a'} = -(P-1) \cdot \varphi \\ w = (PQ+1) \cdot \varphi - \zeta w \\ \zeta = \frac{1}{Q}. \end{cases}$$

Von diesen Gleichungen giebt sofort die dritte für das Gesichtsfeld

$$\varphi = \frac{(1+\zeta) w}{PQ+1}.$$

Damit also das Gesichtsfeld so groſs als möglich werde, muſs man $\zeta = 1$ annehmen. Dann ist aber auch $Q = 1$ und $\alpha' = a'' = p''$, so daſs man daher hat

$$m = \frac{h}{a} . P \text{ oder } P = \frac{m a}{h},$$

$$\varphi = \frac{2 w}{P+1} \text{ und}$$

$$\frac{p'}{a'} = -\frac{2(P-1)}{P+1}.$$

Wäre daher P eine bedeutend grofse Zahl, so ist nahe $\frac{p'}{a'} = -2$ oder $a' = -\frac{1}{2} p'$. Nach der schon öfter angeführten Fundamentalgleichung der Dioptrik hat man aber

$$\frac{1}{\alpha'} = \frac{1}{p'} - \frac{1}{a'} \text{ oder } \alpha' = \frac{a' p'}{a' - p'}.$$

Da nun $a' = -\frac{1}{2} p'$ und $\alpha' = p''$ ist, so hat man

$$p'' = \frac{1}{3} p'$$

und diese Gleichung stimmt ganz mit der von den praktischen Optikern angenommenen Vorschrift überein, nach welcher für Mikroskope dieser Art die Brennweite p' des Collectivglases das Dreifache der Brennweite p'' des Oculars B seyn soll.

Sind daher die beiden Brennweiten p und p' des Objectivs und der Collectivlinse gegeben, oder werden sie willkürlich angenommen, so läfst sich dann die ganze Einrichtung eines solchen Mikroskops auf folgende Art bestimmen. Man hat nämlich erstens für die Brennweite des Oculars $p'' = \frac{1}{3} p'$. Zweitens hat man, um den Werth der Gröfse a' zu bestimmen, $a' = -\frac{1}{2} p'$ und $\alpha = -a' P = \frac{1}{2} p' P$, oder $\alpha = -\frac{m a p'}{2h}$, also auch $\frac{a}{\alpha} = \frac{2h}{m p'}$, und überdiefs $\frac{a}{p} = 1 + \frac{a}{\alpha}$.
Also ist auch drittens der Werth von

$$a = \frac{m p' + 2h}{m p'} . p = p + \frac{2 h p}{m p'}.$$

Viertens ist der Abstand des Objectivs von der Collectivlinse oder die Gröfse $AC = a' + \alpha'$, das heifst, es ist

$$AC = \frac{1}{2}\left(\frac{m a}{h} - 1\right) . p'$$

und ebenso hat man für den Abstand der Collectivlinse von dem Oculare

$$BC = \alpha' + a'' = 2p'' = \frac{2}{3} p'.$$

Ferner ist der Winkel φ des Gesichtsfeldes

$$\varphi = \frac{2w}{P+1} = \frac{2wh}{ma+h},$$

also wieder die Hälfte des Gegenstandes, den man mit dem Mikroskope übersehn kann, wenn $w = \frac{1}{4}$ gesetzt wird,

$$\varrho = a\varphi = \frac{2w.ah}{ma+h} = \frac{ah}{2(ma+h)} \text{ Zoll.}$$

Endlich wird man den Oeffnungshalbmesser und die Krüm-

mungsradien des Objectivs, ganz wie bei der letzten Construction, bestimmen, wenn man, was hier ohne merklichen Fehler geschehn kann, die auf die beiden letzten Linsen B und C sich beziehenden Gröfsen, wegen ihres sehr grofsen Divisors α, ganz aus der Rechnung läfst, wodurch man erhält

$$x = \frac{p}{g} \sqrt[3]{\frac{h}{\mu m a}} \text{ und } K = 20\, x = \frac{20\, p\, h}{g\, m\, a} \sqrt[3]{\frac{h}{\mu m a}}.$$

Wenden wir auf diese Ausdrücke ein Beispiel an, für welches die beiden äufsersten Brennweiten p und p″ jede gleich einem halben Zoll seyn sollen, während wir für die Vergröfserung im Durchmesser m = 100, also in der Fläche $m^2 = 10000$ annehmen wollen. Diese Voraussetzungen geben sofort

$$a = \frac{156}{300} = 0{,}553 \text{ Zoll},$$
$$AC = 4{,}44,$$
$$BC = 1{,}00,$$

und für den Oeffnungshalbmesser hat man

$$x = \frac{1}{2g} \sqrt[3]{\frac{h}{\mu m a}} = \frac{0{,}268}{g},$$

so wie für das Mafs der Helligkeit

$$K = 20\, x' = \frac{20\, h\, x}{m\, a} = \frac{0{,}775}{g}.$$

Nimmt man also, wie zuvor, g = 20 Secunden, so wird

$$x = \frac{1}{80} \text{ Zoll und } K = \frac{1}{25}.$$

Für g = 10 Secunden, was immer noch sehr annehmbar ist, hat man $x = \frac{1}{40} = 0{,}025$ Zoll und K = 0,08 und dessen Quadrat $K^2 = 0{,}0064$.

V. Zusammengesetztes Mikroskop mit vier Linsen.

Da durch zwei Oculare, wie man so eben gesehn hat, schon manche Vortheile erhalten werden, so wird es nicht unangemessen seyn, auch die Construction eines Mikroskops mit drei Ocularen oder überhaupt mit vier Linsen hier noch kürzlich etwas näher zu betrachten.

Bei den von Dollond verfertigten Mikroskopen dieser Art

hat blofs ein einziges Bild und dieses zwar zwischen dem ersten und zweiten Oculare statt; demnach werden die Vereinigungsweiten a, α, α', a'' und a''' positiv, a' und α'' aber negativ seyn, und überdiefs wird man haben $a''' = p'''$ und $\alpha''' = \infty$. Nehmen wir zugleich die Bruchfactoren $w' = w$ und $w'' = - w$ und endlich $w''' = w$ an und setzen wir der Kürze wegen

$$P = -\frac{\alpha}{a'},\ Q = \frac{\alpha'}{a''} \text{ und } R = -\frac{\alpha''}{a'''}.$$

Dieses vorausgesetzt gehn die obigen Gleichungen (I) und (II) in folgende über

$$m = \frac{h}{a}.PQR;\ \varphi = \frac{3w}{PQR+1},$$

$$\frac{p'w'}{a'} = -(P-1)\varphi;\ -\frac{p''w}{a''} = -(PQ+1).\varphi + w$$

und

$$w - \frac{w}{Q} - \frac{w}{QR} = 0,$$

wo sich die letzte dieser Gleichungen bekanntlich auf die Aufhebung der Farbenzerstreuung an der Grenze der Bilder des Gegenstandes bezieht[1]. Für die zweite und letzte dieser fünf Gleichungen kann man auch setzen

$$\varphi = \frac{3hw}{ma+h} \text{ und } 1 - \frac{1}{Q} - \frac{1}{QR} = 0.$$

Wenn man also die Gröfsen m, a, α und w als gegeben ansieht, so sind die sechs noch übrigen a', α', a'', α'', a''' und φ zu suchen. Da aber nur fünf Gleichungen zwischen diesen Gröfsen statt haben, so kann man eine der sechs letzten willkürlich annehmen, so dafs daher unsere Aufgabe eine unbestimmte ist und unzählig viele Auflösungen zuläfst. Am vortheilhaftesten für die Ausübung wird es wohl seyn, besonders diejenigen Auflösungen zu vermeiden, welche eine zu kleine Brennweite den Linsen geben, da die Künstler solche Linsen nicht mehr mit der erforderlichen Genauigkeit verfertigen können.

Nimmt man, wie auch Euler und nach ihm Klügel gethan hat, die Gröfse $R = \frac{1}{2}$ an, so giebt die letzte unserer Gleichungen $Q = 3$ und die erste $P = \frac{2am}{3h}$, so wie die

1 Vergl. Littrow Dioptrik. S. 193.

zweite $\varphi = \frac{6w}{3P+2}$. Substituirt man dann diesen Werth von φ in der dritten und vierten jener Gleichungen, so hat man

$$\frac{p'}{a'} = -\frac{6(P-1)}{3P+2} \text{ und } \frac{p''}{a''} = \frac{6(3P+1)}{3P+2} - 1.$$

Ist daher P eine sehr grofse oder a' eine sehr kleine Zahl, so hat man annähernd $\frac{p'}{a'} = -2$ und $\frac{p''}{a''} = 5$.

Nimmt man diese letzten Werthe von $\frac{p'}{a'}$ und $\frac{p''}{a''}$ an, was immer ohne Nachtheil geschehn kann, indem dadurch blofs das Gesichtsfeld φ etwas weniges verkleinert wird, wenn nämlich P nicht gar zu grofs ist, und setzt man $w' = \frac{1}{4}$, so lassen sich dann alle übrige Dimensionen des Mikroskops durch die einzige Gröfse p' ausdrücken. Man hat nämlich erstens die Gröfse a' durch

$$a' = -\tfrac{1}{2}\, p'.$$

Da aber allgemein $\frac{1}{p'} = \frac{1}{a'} + \frac{1}{\alpha'}$ ist, so ist auch zweitens die Gröfse α' durch

$$\alpha' = \tfrac{1}{3}\, p'$$

gegeben. Ebenso erhält man drittens die Gröfse a'' aus

$$Q = \frac{\alpha'}{a''} = 3$$

oder

$$a'' = \tfrac{1}{9}\, p'$$

und endlich wird man für die noch übrigen Gröfsen haben

$$p'' = \frac{5}{9}\, p', \quad \alpha'' = -\frac{5}{36}\, p'$$

und

$$a''' = -\frac{\alpha''}{R} = \frac{5}{18}\, p' = p'''.$$

Daraus folgen zugleich die Distanzen der vier Linsen von einander. Es ist nämlich, von dem Objective angefangen, das die Linse I heifsen soll,

die Distanz I von II $= \alpha + a' = \frac{1}{2}(P-1)p'$,
II von III $= \alpha' + a'' = \frac{4}{9}\, p'$,
III von IV $= \alpha'' + a''' = \frac{5}{36}\, p'$.

Der Halbmesser des Gesichtsfeldes dieses Mikroskops aber ist

$$a\varphi = \frac{3ahw}{ma+h} = \frac{3ah}{4(ma+h)}.$$

Wäre für einen besondern Fall $p = 12$ Linien; $m = 50$; $p''' = 10$ Linien, so ist $p' = 36$ und $p'' = 20$. Setzt man also wieder die natürliche Sehweite $h = 8$ Zoll $= 96$ Linien, so hat man $a = 13{,}92$ und $P = \frac{1392}{288} = 4{,}833$ und daher für die Distanzen der Linsen

I von II	69,0 Linien
II von III	16,0
III von IV	5,0
	3,3
Summa	93,3

so daſs daher die ganze Länge des Mikroskops 93,3 Lin. = 7 Zoll 9,3 Linien betragen wird, der Halbmesser des Gesichtsfeldes desselben ist $a\varphi = 1{,}28$ Linien und die halbe Oeffnung des Objectivs

$$x = \frac{p}{g}\sqrt[3]{\frac{h}{\mu m a}} = \frac{6{,}33}{g} \text{ Linien.}$$

Für $g = 10$ Secunden ist $x = 0{,}63$ Linien, also beträchtlich gröſser, als bei den vorhergehenden Mikroskopen von drei Linsen, und das Maſs der Klarheit ist

$$K = \frac{20hx}{ma} = \frac{1{,}46}{g},$$

so daſs man für $g = 10$ erhält $K = 0{,}146$ oder $K^2 = 0{,}021$, also auch K^2 nahe viermal gröſser, als bei den Mikroskopen von drei Linsen. Ueberdieſs vereinigt diese letzte Anordnung der Linsen noch den Vortheil, daſs dabei auf die Aufhebung der Farbenzerstreuung Rücksicht genommen worden ist.

Das Vorhergehende wird genügen, von dem Verfahren Rechenschaft zu geben, welches man bei der Brechung der Mikroskope zu beobachten pflegt, so lange man die Objective derselben als einfache Linsen betrachtet. Ohne Zweifel werden aber auch hier Doppellinsen der Objective von verschiedenen Glasarten (Kron- und Flintglas oder Glas und Edelsteine) dieselben wesentlichen Verbesserungen der Mikroskope herbeiführen, die sie schon bei den achromatischen Fernröhren herbeigeführt haben. Bei diesen doppelten und sehr mehrfa-

chen Objectivlinsen wird nämlich nicht nur die Abweichung wegen der Kugelgestalt der Linsen, sondern auch die Farbenzerstreuung derselben vollkommen weggebracht werden, wodurch die Güte und Brauchbarkeit eines Mikroskops in so hohem Grade, wie bei den Fernröhren, befördert werden muſs. Diese Farbenzerstreuung hat man früher bloſs durch eine zweckmäſsige Stellung der Oculare zu erreichen gesucht, wie wir davon in unserm letzten Beispiele eine Anwendung gesehn haben. Allein es ist viel sicherer und es ist selbst nothwendig, die Farbenzerstreuung des Doppelobjectivs selbst durch seine eigenen Linsen wegzuschaffen, die Abweichung wegen der Kugelgestalt aber haben die meisten Künstler bei den Objectiven der Mikroskope gröſstentheils völlig vernachlässigt oder doch nur durch eine Art von Tatonnement auf sie Rücksicht genommen. Auch sind bei so kleinen und stark gekrümmten Linsen die Vorschriften der Theorie nicht leicht, auch nur mit einiger Präcision, von den Künstlern auszuführen. Man findet die Theorie dieser Doppelobjective für Mikroskope in dem dritten Bande der Dioptrik von Euler und in der analytischen Dioptrik von Klügel weiter entwickelt. Aber alle diese analytischen Ausdrücke und gelehrten Formeln, die dort und selbst früher schon in den Werken von d'Alembert, Clairaut u. A. zur genauern Construction der Fernröhre sowohl, als auch der Mikroskope mitgetheilt worden sind, haben bisher den meisten unserer sogenannten optischen Künstler nur sehr wenig Nutzen gebracht, nicht weil diese Formeln nicht zweckmäſsig, ja selbst nothwendig zur wahren Verbesserung jener Instrumente sind, sondern weil sie von unsern Künstlern weder beachtet noch auch verstanden werden. Ihre Sache ist es nicht, diese Formeln nachzurechnen oder auch nur in ihrer Ausübung sich nach ihnen zu richten, sondern sie begnügen sich mit Probiren, Versuchen und Hin- und Hertappen, bis sie endlich zufällig finden, was sie suchen. Und dieses gilt nicht bloſs von den meisten unserer deutschen Optiker, sondern auch von den englischen, des hohen Rufes ungeachtet, in welchem sie so lange sich zu erhalten gewuſst haben. *All these formulae*, sagt Herschel[1] in seiner Anrede an die Akad. d. Wiss. in London im J. 1821, *All these formulae, requiring a more*

1 Philosoph. Trans. for the Year 821.

extensive share of algebraical knowledge, than can be expected in a practical optician, are thrown aside by him in despair, and the best and most successful artists are content to work their glasses by trial or by empirical rules. Wenn ja zuweilen ein rationeller Künstler sich an diese Formeln wagte, um ein Fernrohr darnach zu construiren, so miſslang gewöhnlich der Versuch und das Miſstrauen gegen die Theorie ward dadurch nur noch vermehrt. So muſste selbst Repsold[1] gestehn, daſs die von ihm nach Klügel's Theorie geschliffenen Gläser gar keine Wirkung hatten, und daſs er endlich genöthigt war, mechanisch die Krümmungen zu finden, nach welchen die englischen Gläser geschliffen sind, wo dann alles sofort viel besser von statten ging. Diese Abneigung gegen die Theorie, ohne welche sich doch die wahre Vollendung dieses wichtigen Gegenstandes kaum denken läſst, ging bei manchen bloſs empirischen Köpfen so weit, daſs sie diese Theorie sogar für schädlich und für die eigentliche Ursache des bisherigen geringen Erfolges dieser Kunst auf dem Festlande ausgeschrien haben. „Soviel ist gewiſs," sagt ein anderer, selbst praktisch ausgezeichneter Künstler[2], „daſs John „Dollond in wenigen Jahren und durch die bloſse Praxis „Fernröhre zu Stande gebracht hat, wozu Franzosen und „Deutsche seit jener Zeit (ihrer theoretischen Untersuchungen „ungeachtet) nicht gekommen sind, und daſs z. B. bei den „Dollond'schen Fernröhren der Achromatismus lange nicht gänzlich weggebracht ist, während sie doch gar trefflich zeigen; „daſs also diese Trefflichkeit irgend wo anders ihren Grund „haben müsse, als in der durch die Theorie vorgeschriebenen „genauen Wegbringung der Farben, indem bei den französischen Fernröhren die heterogenen gefärbten Strahlen oft sehr „genau zusammenfallen, während ihre Fernröhre selbst doch „nicht viel taugen." Solche Aeuſserungen, so viel Erfahrungen und subjective Ueberzeugungen ihnen auch zum Grunde liegen mögen, sollten doch als gemeinschädlich zurückgehalten werden, da sie bei dem gröſsten Theile der Leser nur nachtheilig auf den Fortgang der Kunst wirken können und da jeder Angriff nicht gegen Mängel der Theorie, sondern

1 Gilb. Ann. 1810.
2 Ebend. Heft IX.

gegen Theorie selbst, der Natur der Sache nach, stets nur auf den Angreifer zurückfallen muſs.

Für Leser, welche den vorhergehenden analytischen Weg nicht verfolgen, aber doch sich einen anschaulichen Begriff von der Wirkung eines Mikroskops machen wollen, wird folgende Darstellung nicht ungeeignet erscheinen. Zu diesem Zwecke wollen wir zuerst als Ergänzung des Artikels *Linsenglas*[1] die einfachsten Erscheinungen durch Linsen in Kürze etwas näher betrachten.

VI. Allgemeine Erscheinungen durch einfache Linsen.

Fig. 294. u. 295. Sey für irgend eine Linse p die Brennweite, a die Entfernung des Objects und α die Entfernung des Bildes dieses Objects von dem Mittelpuncte der Linse, b die Gröſse des Objects und endlich β die Gröſse des Bildes. Sey z. B. für eine biconvexe Linse und für eine biconcave Linse C der Mittelpunct und $Cp = p$ die Brennweite derselben; $ab = b$ der auf der Axe $aC\alpha$ der Linse senkrecht stehende Halbmesser oder die sogenannte Gröſse des Gegenstandes, und ebenso $\alpha\beta = \beta$ der Halbmesser oder die Gröſse des Bildes; endlich $Ca = a$ die Entfernung des Objects und $C\alpha = \alpha$ die Entfernung des Bildes von dem Mittelpuncte C der Linse.

Wenn man von diesen fünf Gröſsen p, a, α, b und β drei kennt, so kann man die beiden andern immer entweder durch eine sehr leichte Rechnung oder auch durch eine ebenso einfache Zeichnung finden.

Man hat nämlich zuerst die schon oben[2] erklärte Fundamentalformel der Dioptrik

$$\frac{1}{p} = \frac{1}{a} + \frac{1}{\alpha}$$

und dann giebt die Aehnlichkeit der beiden rechtwinkligen Dreiecke Cab und $C\alpha\beta$ sofort den einfachen Ausdruck

$$\frac{b}{a} = \frac{\beta}{\alpha}.$$

---

1 S. oben S. 377.

2 S. Art. *Linsenglas*. S. 382.

Da gewöhnlich die Entfernung α und die Gröfse β des Bildes die zwei gesuchten Gröfsen sind, so gehn die zwei aufgestellten Gleichungen in folgende über:

$$\left.\begin{array}{l} \alpha = \frac{a p}{a - p} \\ \text{und} \\ \beta = \frac{b p}{a - p} \end{array}\right\} \ldots\ldots \quad (IV)$$

Diese Gleichungen (IV) gelten unmittelbar für biconvexe Linsen; sie sind aber auch für biconcave Linsen anwendbar, wenn man nur in ihnen die Brennweite p negativ setzt. Diese Gleichungen geben also die Entfernung α und die Gröfse β des Bildes, wenn die drei Gröfsen a, b und p gegeben sind, und sie zeigen zugleich, ob das Bild verkehrt oder aufrecht steht.

Man kann aber auch die Berechnung dieser höchst einfachen Gleichungen ganz übergehn und die Entfernung und Gröfse des Bildes auf folgende Art durch die blofse Zeichnung von zwei oder drei geraden Linien finden.

Ist nämlich die Entfernung $C\alpha = a$ und die Gröfse ab des Gegenstandes und die Brennweite $Cp = p$ gegeben, so ziehe man durch den höchsten Punct b des Gegenstandes eine Gerade bc parallel mit der Axe aC der Linse. Da aber alle mit der Axe parallel einfallenden Strahlen von der Linse in den Brennpunct gebrochen und daselbst vereinigt werden, so wird der Lichtstrahl bc durch die Linse nach der Richtung der Geraden cp, die durch den Brennpunct geht, gebrochen werden. Man ziehe daher auch die Gerade cp und verlängere sie, wenn nöthig, auch unter die Axe aCp der Linse. Da ferner alle durch die Mitte C einer Linse gehenden Strahlen von derselben nicht gebrochen werden, sondern in ihrer frühern Richtung fortgehn, so ziehe man durch denselben Punct b auch die Gerade bC und verlängere, wenn nöthig, auch sie, bis sie die vorige Gerade cp irgendwo in dem Puncte β schneidet. Wir kennen sonach zwei Strahlen bc und bC, die beide von dem höchsten Puncte b des Gegenstandes kommen und die, nach ihrem Durchgange durch die Linse, die Richtung $cp\beta$ und $C\beta$ haben und sich in dem Puncte β schneiden. Da nun das Bild des Punctes b in dem Durchschnittspuncte aller der Strahlen liegt, in welchen die

von b auf die Linse fallenden Strahlen nach ihrer Brechung vereinigt werden, d. h. in demjenigen Puncte β, in welchem sich, wie wir gesehn haben, bereits zwei dieser Strahlen in der That vereinigen, so wird auch β der Ort für das gesuchte Bild des höchsten Punctes b des Gegenstandes seyn, und da endlich das Bild eines auf der Linsenaxe senkrechten Gegenstandes ebenfalls senkrecht auf dieser Axe stehn mufs, so wird man nur durch den gefundenen Punct β eine senkrechte Gerade $\beta\alpha$ auf die Axe der Linse ziehn, und dann wird $\alpha\beta = \beta$ die gesuchte Gröfse und $C\alpha = \alpha$ die gesuchte Entfernung des Bildes von der Mitte der Linse seyn.

Man wird daher, um das ganze Bild des Gegenstandes seiner Lage und Gröfse nach zu finden, blofs von dem höchsten Puncte b desselben zuerst die Linie bC ziehn, die ungebrochen durch die Linse geht, und dann noch die mit der Axe Ca parallele Linie bc hinzufügen, die nach ihrer Brechung durch den Brennpunct p der Linse geht, so wird der Durchschnitt der beiden Linien $bC\beta$ und $cp\beta$ das gesuchte Bild des höchsten Puncts b des Gegenstandes seyn.

Man wird sich nämlich dabei vorstellen, dafs alle von dem höchsten Puncte b auf die Linse fallenden Lichtstrahlen, die daher die ganze Linse gleichsam bedecken, nach ihrer Brechung sich in dem Puncte β vereinigen, und dafs ebenso auch alle von dem untersten Puncte a des Gegenstandes auf die Linse fallenden und dieselbe wieder ganz bedeckenden Strahlen nach ihrer Brechung sich sämmtlich in dem andern Endpuncte α des Bildes vereinigen, und dafs endlich auch dasselbe von jedem andern Puncte des Gegenstandes, der zwischen a und b fällt, gilt, indem auch die sämmtlichen Strahlen dieses Punctes, nach ihrer Brechung, sich wieder in einem einzigen Puncte der Linie $\alpha\beta$, der zwischen α und β fällt, vereinigen und hier das Bild von jenem Puncte des Gegenstandes ganz auf dieselbe Art geben, wie α das Bild von a und wie β das Bild von b giebt.

Man sieht aus dieser einfachen Darstellung, dafs man durch die Zeichnung dieser drei Linien nicht nur die Entfernung und die Gröfse, sondern auch zugleich die verkehrte Lage oder die aufrechte des Bildes und zugleich die Stellung desselben gegen die Linse erhält, ob nämlich das Bild auf die entgegengesetzte oder auf dieselbe Seite fällt, wo der Gegenstand steht.

Ganz ebenso, wie aus dieser Zeichnung, lassen sich aber auch die sämmtlichen Erscheinungen, welche diese Linsen darbieten, mit Hülfe der beiden einfachen Gleichungen (IV) darstellen.

Für eine biconvexe Linse ist nämlich die Brennweite p als eine positive Gröfse zu betrachten, so wie auch die Entfernung a für alle Linsen als positiv angesehn werden mufs. Die Gröfse α aber wird positiv oder negativ seyn, wenn das Bild auf die andere oder auf dieselbe Seite mit dem Gegenstande fällt. Die Gröfse b ist, so lange man einen über der Axe stehenden Gegenstand betrachtet, ebenfalls bei allen Linsen positiv; die Gröfse β aber wird für biconvexe Linsen positiv oder negativ seyn, wenn das Bild unter oder über die Axe fällt.

So lange nun $a > p$ ist, so sind auch nach den Gleichungen (IV) die Gröfsen α und β positiv oder das Bild fällt auf die hintere Seite der Linse, wo der Gegenstand nicht ist, und ist zugleich verkehrt. Nimmt dann die Gröfse a allmälig ab (oder rückt der Gegenstand der Linse näher), so nimmt α und β zu oder das Bild entfernt sich auf der Rückseite der Linse von derselben und wird immer gröfser. Wird dann bei einer weitern Abnahme diese Gröfse a endlich gleich p, (oder steht der Gegenstand in der Brennweite der Linse), so ist α und β unendlich grofs (oder die Strahlen gehen nach ihrer Brechung durch die Linse immer divergirend fort und können daher kein Bild mehr machen). Nimmt a noch weiter ab, so dafs also $a < p$ ist (oder steht der Gegenstand innerhalb der Brennweite der Linse), so wird α und β negativ und das Bild steht aufrecht und zwar auf der Vorderseite der Linse, wo auch das Object steht, und je weiter a noch abnimmt, desto kleiner werden auch diese negativen α und β, bis endlich für $a = 0$ die Gröfsen α gänzlich verschwindet und $\beta = -b$ wird. Hätte man endlich die ursprüngliche Gröfse von a nicht abnehmen, sondern immer mehr wachsen lassen (hätte man den Gegenstand immer mehr von der Linse entfernt), so würde auch, wie dieselben Gleichungen zeigen, die Gröfse α dem Werthe von p und die Gröfse β dem Werthe von Null immer näher kommen, bis endlich, für $a = \infty$, die Gröfse $\alpha = p$ wird, so dafs für einen unendlich entfernten, das heifst, für einen solchen Gegenstand,

dessen Strahlen mit der Axe parallel auf die Linse fallen, das Bild dieses Gegenstandes in dem Brennpuncte der Linse stehn wird, wie bekannt.

Ganz ebenso wird man nun auch für eine biconcave Linse verfahren. Nimmt man nämlich auch hier die Gröfsen a und p immer positiv, und setzt man die Gröfse α negativ oder positiv, wenn das Bild auf dieselbe oder auf die entgegengesetzte Seite mit dem Gegenstande fällt, und endlich die Gröfse β negativ oder positiv, wenn das Bild aufrecht oder verkehrt auf der Axe steht, so hat man für solche Linsen die beiden Gleichungen

$$\alpha = - \frac{a p}{a + p}$$

und

$$\beta = - \frac{b p}{a + p}.$$

Die blofse Ansicht dieser Ausdrücke zeigt schon, dafs für biconcave Linsen die beiden Gröfsen α und β immer nur negative Werthe haben und dafs α nie gröfser als p werden kann, dafs also das Bild immer aufrecht und immer zwischen den Puncten C und p stehen mufs. Für $a = \infty$ ist $\alpha = - p$; nimmt dann a allmälig ab, so wird auch α immer kleiner; für $a = p$ ist $\alpha = - \frac{1}{2} p$; nimmt a noch weiter ab, so wird auch α noch kleiner als $- \frac{1}{2} p$, und endlich ist für $a = 0$ auch $\alpha = 0$. Bei biconcaven Linsen ist daher das stets aufrechte Bild immer auf derselben Seite mit dem Gegenstande und zwar immer in dem Raume zwischen der Linse und dem Brennpuncte derselben, und überdiefs in der von der Linse entfernteren Hälfte dieses Raumes, so lange $a > p$, und in der der Linse nächsten Hälfte der Brennweite, so lange $a < p$ ist.

Nach diesen Betrachtungen ist es nun leicht, die Erscheinungen bei Mikroskopen auch ohne Rechnung zu erklären. Wenn nämlich bei dem einfachen Mikroskope der Gegen-
Fig. 296. stand ab in den Brennpunct p einer biconvexen Linse AB gebracht wird, so gehn die Strahlen pB, aB, bB durch den Mittelpunct B der Linse ungebrochen durch, und alle übrige Strahlen, welche z. B. von dem Puncte a auffallen, werden mit aBa′, so wie die von b auffallenden mit bBb′ parallel gebrochen. Das Auge in O erhält demnach von allen Puncten des Gegenstandes ab nur Parallelstrahlen, durch welche

es daher diesen Gegenstand deutlich sieht, wenn es anders nicht zu kurzsichtig ist. Auch sieht es den Punct a nach α und ebenso den Punct b nach β hin, also den Gegenstand aufrecht. Was die Vergröfserung betrifft, so erscheint der Gegenstand a b unter dem Winkel $\alpha O \beta$, welcher dem Winkel a B b oder demjenigen Sehwinkel gleich ist, unter welchem a b von dem blofsen Auge, wenn es in B an der Stelle des Glases stände, gesehn werden würde. Man sieht also in diesem Falle den Körper nur ebenso grofs, als ihn das blofse Auge an der Stelle des Glases sehn würde, und wenn man daher, wie bei den Fernröhren, unter dem Worte *Vergröfserung* das Verhältnifs der Winkel $\alpha O \beta$ und a O b verstände, so erhielte man, in diesem Sinne des Wortes, bei dem einfachen Mikroskope eigentlich gar keine Vergröfserung. In der That könnte man auch, ohne alle Hülfe eines Instruments, den Gegenstand nur immer näher an das Auge rücken, um ihn zugleich immer gröfser zu sehn. Allein unser Auge ist so eingerichtet, dafs es die kleinsten Theile eines Gegenstandes nur in einer bestimmten Entfernung vom Auge, die wir oben zu 8 Zoll angenommen haben, deutlich sieht. Rückt man daher den Gegenstand näher an das Auge, so wird er allerdings auch gröfser, aber auch zugleich immer undeutlicher erscheinen, so dafs man ihn am Ende gar nicht mehr erkennen kann. Setzt man aber die biconvexe Linse A A′ an die Stelle B des Auges, so hat dieses die Folge, dafs nun das Auge in O den Gegenstand unter ebendemselben grofsen Sehwinkel a B b oder $\alpha O \beta$, aber auch zugleich ganz deutlich sieht. Das Auge sieht jetzt den Gegenstand so grofs, als ob er nur in der kleinen Entfernung p B vor dem Auge wäre, da man ihn doch, mit dem blofsen Auge, nur in der Entfernung von 8 Zollen deutlich sehn würde, die viel gröfser ist als p B, wenn anders, wie hier vorausgesetzt wird, die Brennweite B p der Linse sehr klein ist. Da sich nun kleine Sehwinkel umgekehrt wie die Abstände des Gegenstandes von dem Auge verhalten, so verhält sich auch die scheinbare Gröfse, die das Mikroskop zeigt, zu der des blofsen Auges, wie 8 Zoll zu der Brennweite B p der Linse, oder die Vergröfserung m des Gegenstandes durch das Mikroskop ist

$$m = \frac{8}{p} \text{ Zoll},$$

wenn p die Brennweite der Linse in Theilen von Zollen ausgedrückt ist, übereinstimmend mit dem oben Gesagten. Das Gesichtsfeld hat dabei einen scheinbaren Halbmesser φ, der dem der Oeffnung der Linse $\alpha O \beta$ gleich ist. Da aber der Winkel $\alpha O \beta$ desto gröſser wird, je näher das Auge an die Linse tritt, so wird auch desto mehr von dem Gegenstande übersehn, je näher das Auge an der Linse steht. Wenn aber der Gegenstand nicht genau in dem Brennpuncte p, sondern etwas weniges *vor* oder *hinter* demselben liegt, so erhält das Auge, nach dem Vorhergehenden, nicht mehr parallele, sondern etwas divergirende oder convergirende Strahlen. Da nun Kurzsichtige nur dann gut sehn, wenn die in ihr Auge tretenden Strahlen etwas divergiren, so müssen sie die Gegenstände etwas näher an die Linse bringen, um das Bild derselben deutlich zu sehn, wie dieses auch bei den Fernröhren der Fall ist. Bringt man aber umgekehrt den Gegenstand in eine etwas gröſsere Entfernung, als die Brennweite beträgt, vor die Linse, so treten die Strahlen convergirend in das Auge und man sieht den Gegenstand noch gröſser, als zuvor, aber zugleich auch minder deutlich.

Um uns auf eine ähnliche Art auf die Wirkung des zu-
Fig. sammengesetzten Mikroskops deutlich zu machen, sey a b der
297. Gegenstand, A A das Objectiv und B B das Ocular. Die Brennweite des Objectivs falle in den Punct p, zwischen das Objectiv und den Gegenstand a b, doch sehr nahe bei dem letztern. Sey, wie zuvor, A a oder A b gleich a, wo also a die Entfernung des Gegenstandes von dem Mittelpuncte des Objectivs bezeichnet, und $Ac' = \alpha$ die Entfernung des Bildes $\alpha\beta$ von dem Objectiv, und endlich $ab = 2b$ der Durchmesser, also b der Halbmesser des Gegenstandes. Da der Gegenstand auſser der Brennweite des Objectivs steht, so wird das Bild $\alpha\beta$ auf die andere Seite des Objectivs fallen, eine verkehrte Lage und einen Abstand $Ac' = \alpha$ haben, der viel gröſser als a ist, und der Halbmesser $\alpha c' = \beta c'$ dieses Bildes wird gleich $\frac{b \cdot \alpha}{a}$, also ebenfalls viel gröſser, als der Halbmesser b des Gegenstandes seyn. Bis hierher ist alles wie bei dem einfachen Mikroskope. Wollte man dabei stehn bleiben, so könnte man das Bild $\alpha\beta$ mit einer in c' befindlichen, mattgeschliffenen Glasplatte auffangen und dann dasselbe mit dem

bloſsen Auge betrachten. Allein die Vergröſserung wird sich offenbar dadurch noch weiter treiben lassen, wenn man das Auge mit einer biconvexen Linse BB bewaffnet, durch welche man dieses Luftbild $\alpha\beta$ betrachtet. Sey P der Brennpunct dieser Ocularlinse BB und werde diese Linse so gestellt, daſs jenes Bild $\alpha\beta$ zwischen diese Linse und ihren Brennpunct P fällt, so wird, nach dem Vorhergehenden, ein zweites Bild $\alpha'\beta'$ entstehn, das ebenfalls eine verkehrte Lage hat, aber noch gröſser, als das erste Bild seyn wird. Zum bequemen Gebrauche wird man beide Linsen AA und BB in eine Röhre fassen, die sich durch Verschieben ihrer Theile verlängern oder verkürzen läſst; dieses Rohr pflegt man in seinem Innern zu schwärzen, um das in schiefer Richtung auf die innern Wände des Rohrs auffallenden Strahlen zu absorbiren, da diese Strahlen nur das deutliche Sehen stören würden. Ebenso werden in dem Innern dieses Rohrs Ringe (die man Blendungen oder Diaphragmen heiſst) angebracht, welche die erwähnten schiefen Strahlen noch mehr aufzuhalten bestimmt sind, wie dieses auch bekanntlich bei den Fernröhren der Fall ist, so daſs man also diese beiden Gattungen von optischen Instrumenten als wahre finstere Zimmer[1] ansehn kann, deren Inneres sehr klein und deren Feld sehr beschränkt ist.

Die Vergröſserung eines solchen aus zwei Linsen zusammengesetzten Mikroskops ist, wie bei einer einfachen Linse, gleich dem Verhältniſs des absoluten Halbmessers $\frac{1}{2}\alpha'\beta'$ des letzten Bildes zu dem Halbmesser $\frac{1}{2}$ab des Gegenstandes, diese Vergröſserung wächst also, bei übrigens gleichen Umständen, wenn die Brennweiten der beiden Linsen abnehmen, denn wird z. B. die Brennweite Ap des Objectivs kleiner, so muſs, für einen gleichen Abstand a des Gegenstandes von dem Objective, das erste Bild $\alpha\beta$ gröſser werden, und wird ebenso die Brennweite CP des Oculars BB kleiner, so nimmt die Vergröſserung des zweiten Bildes $\alpha'\beta'$, für dieselbe Sehweite des deutlichen Sehens, nothwendig zu. Man dürfte daher, bei einem solchen Mikroskope, nur immer zwei Linsen mit kleinern Brennweiten nehmen, um die Vergröſserung so weit zu treiben, als man will. Allein auch hier sind diesem Weitergehen, wie oben bei dem einfachen Mikroskope, bestimmte Grenzen gesetzt, die man nicht überschreiten darf, ohne da-

1 Vergl. Art. *Camera obscura*. Bd. II. S. 30.

für andere Uebel zu erzeugen, die auf das deutliche Sehen des Gegenstandes, das doch bei allen Mikroskopen die Hauptsache ist, einen sehr schädlichen Einfluſs ausüben. Die Objectivlinse A A darf nämlich nicht von einer zu kleinen Kugel genommen werden, weil erstens die Künstler solche Linsen nicht mehr mit der hierzu erforderlichen Präcision darstellen können, weil zweitens die zu starke Krümmung solcher Kugeln, selbst wenn sie genau sphärisch sind, eigene Fehler erzeugt, und weil endlich so kleine Objectivöffnungen auch nur sehr wenig Licht aufnehmen können und daher das zu sehende Bild immer sehr dunkel lassen. Noch weniger kann man aber die Ocularlinse BB von einer gar zu kleinen Brennweite machen. Da nämlich die Oberfläche der Objectivlinse im Allgemeinen nur sehr klein ist, so kann von jedem Puncte des Gegenstandes ab nur ein sehr schmales Lichtbündel auf das Objectiv fallen, so daſs, wenn dieses sich in einem Puncte des Bildes $\alpha\beta$ concentrirt hat und von da gegen das Ocular BB zu geht, derselbe keineswegs das ganze Ocular zu bedecken vermag, sondern die Oberfläche desselben nur in einem kleinen Theile trifft. Wird daher dieses Ocular sehr verkleinert, so werden viele von jenen Lichtbündeln ganz auſser dem Oculare fallen und sonach für das Auge völlig verloren gehn. Mit andern Worten, das Sehfeld oder das Gesichtsfeld des Instruments wird durch die äuſsersten Strahlen bestimmt, die noch auf den Rand des Oculars fallen können, und je kleiner dieser kreisförmige Rand, d. h. je kleiner das Ocular selbst ist, desto kleiner wird auch das Gesichtsfeld oder der Raum seyn, den man durch das Mikroskop mit einem Blicke übersehn kann. Ja gewöhnlich ist das eigentliche Gesichtsfeld des Instruments noch kleiner, als es durch diese auf den Rand des Oculars fallenden Strahlen bestimmt wird. Diese Randstrahlen sind nämlich, wegen der sphärischen Gestalt aller Linsen, mehrern Unregelmäſsigkeiten unterworfen, die das Bild undeutlich machen und die daher durch die oben erwähnten Blendungen ganz abgehalten werden, so daſs also das Gesichtsfeld durch die letzte, dem Oculare BB nächste Blendung bestimmt wird, deren Oeffnung gewöhnlich noch bedeutend kleiner, als die der Ocularlinse selbst ist. Stellen a A α und b A β die Axen der beiden äuſsersten Lichtbündel vor, so ist der scheinbare Gesichtswinkel φ

des Mikroskops gleich dem Winkel $aAb = \alpha A \beta$. Nennt man daher $D = AB$ den Abstand der beiden Linsen und $BC = r$ den Halbmesser des Oculars, beide z. B. in Zollen ausgedrückt, so hat man

$$\text{Tang.}\,\varphi = \frac{r}{D},$$

woraus man den Werth von φ für jedes r und D leicht findet. Noch muſs bemerkt werden, daſs es nicht gleichgültig ist, wo das Auge des Beobachters steht. Will derselbe nämlich das ganze Feld φ des Mikroskops mit einem Blicke übersehn, so muſs das Auge offenbar in demjenigen Puncte O der gemeinschaftlichen Axe der beiden Linsen stehen, in welchem die äuſsersten, von den Endpuncten α' und β' des letzten Bildes kommenden Strahlen $\alpha'O$ und $\beta'O$, so wie überhaupt alle von diesem Bilde $\alpha'\beta'$ kommende Strahlenbüschel sich durchkreuzen. Dazu wird demnach erfordert, daſs das Auge O in derjenigen Entfernung von dem letzten Bilde stehn muſs, welches der natürlichen Sehweite $h = 8$ Zoll des Auges entspricht. Da jeder Beobachter, je nachdem er kurz- oder weitsichtig ist, seinen individuellen Werth von h hat, der oft selbst einige Zoll gröſser oder kleiner als 8 Zoll seyn kann, so wird er entweder die Distanz D der beiden Linsen oder die Entfernung des Objectivs A A von dem Gegenstande ab, seinem Auge gemäſs, etwas verändern müssen, wodurch zugleich das Sehfeld φ des Mikroskops und seine Vergröſserungszahl m ebenfalls geändert werden. Zu diesem Zwecke sind an jedem wohl eingerichteten Mikroskope zweierlei Vorrichtungen angebracht, durch deren eine man den Gegenstand dem Oculare näher bringen oder davon entfernen kann, während man durch die andere das Ocular von dem Objective mehr oder weniger entfernt. Wenn also das Auge des Beobachters in dem erwähnten Puncte O steht, so wird es das ganze eigentliche Gesichtsfeld des Instruments selbst dann noch übersehn, wenn die Pupille des Auges nur ein untheilbarer Punct wäre. Allein dann würde es auch, sobald es sich von dem Puncte O auch nur um die geringste Gröſse seitwärts entfernt, keine Strahlen von dem Gegenstande mehr erhalten und daher gar nichts mehr von demselben sehn. Allein der Durchmesser der Pupille des menschlichen Auges ist nicht unendlich klein, sondern er variirt zwischen den beiden Grenzen

von 0,06 und 0,10 eines Zolles, und so geschieht es, dafs das Auge auch dann noch das ganze Feld des Mikroskops übersieht, wenn es auch nicht genau in dem ihm oben angewiesenen Puncte O steht.

Wir haben bereits oben die Nachtheile angeführt, welchen ein solches Mikroskop, das blofs aus zwei einfachen Linsen besteht, ausgesetzt ist, und gesehn, dafs man denselben wenigstens gröfstentheils durch Hinzufügung eines zweiten oder auch wohl mehrerer Oculare abhelfen kann. Die vorzüglichste Unvollkommenheit, unter welcher jene Mikroskope mit zwei Linsen leiden, ist die verschiedene Brechung der farbigen Strahlen, die verursacht, dafs die durch solche Instrumente gesehenen Gegenstände, besonders an ihren Rändern, mit allen Farben des Regenbogens spielen, wodurch die Deutlichkeit des Sehens nothwendig sehr gestört wird. Betrachten wir demnach diejenigen Modificationen, welche die Hinzufügung
Fig. einer zweiten Ocularlinse DD in den bisherigen Erscheinun-
298. gen eines Mikroskops hervorbringt. Man pflegt dieses zweite
u. 299. Ocular das Collectivglas zu nennen, weil es in der That bestimmt ist, die durch das Objectiv AA gebrochenen Strahlen in einem engern Raume zu sammeln, und diese Collectivlinse wird entweder zwischen die zwei Bilder $\alpha\beta$ und $\alpha'\beta'$ und das Objectiv gestellt, oder zwischen diese Bilder und das Ocular BB. Jene Einrichtung nennt man die des Campani, während diese, von ihrem Erfinder, die Ramsden'sche heifst.

Durch dieses Sammeln der Strahlen in einem engern Raume wird das Bild schon an sich in schärferen Umrissen erscheinen und dadurch zugleich einen gröfsern Theil des Gegenstandes dem Auge sichtbar machen oder es wird das Gesichtsfeld des Mikroskops vergröfsern. Zwei wichtige Vortheile, die allein schon hinreichend wären, die Zweckmäfsigkeit der Hinzufügung einer solchen dritten Linse zu rechtfertigen. Allein einen noch viel gröfsern Vortheil gewährt ein solches Collectivglas, wenn es an die gehörige Stelle gebracht wird, dadurch, dafs es die oben erwähnte Farbenzerstreuung, wenn auch nicht gänzlich, doch in ihren schädlichsten Theilen aufhebt. Wenn die durch eine oder mehrere Linsen gebrochenen Lichtstrahlen in irgend einem Puncte um die Axe
Fig. ein Bild erzeugen, so entsteht eigentlich immer eine Menge
300. von Bildern, deren jedes seine eigene Farbe und Gröfse hat,

und die dicht hinter einander stehn. Die rothen Strahlen z. B., die unter allen am wenigsten gebrochen werden, machen das Bild Rr, die orangefarbenen das Bild Oo, die grünen das Bild Gg und die violetten endlich das Bild Vv, und das letzte wird das gröſste, so wie das erste oder das rothe das kleinste von allen diesen Bildern seyn. Das Auge in O wird also, da diese Bilder eine verschiedene Entfernung vom Auge haben nur eines derselben, das vorderste, gut sehen, wenn dasselbe in der Sehweite h des Auges steht, und wenn die nächstfolgenden Bilder durch dieses erste nicht durchschimmerten, so würde das Auge alle Gegenstände in einem röthlichen Lichte erblicken. Ueberdieſs werden aber auch die entferntern Bilder, als die gröſsern, über das rothe an den beiden Endpuncten des letzten hervorragen und dieses wird zur Folge haben, daſs der Rand aller Gegenstände mit einem regenbogenartigen Saume von verschiedenen Farben eingefaſst erscheint, was der Deutlichkeit des Sehens noch mehr hinderlich ist. Es wäre daher ein Mittel sehr willkommen, die Gröſsen dieser Bilder so zu ordnen, daſs sie ihren Entfernungen vom Auge O genau proportional wären, wie dieses z. B. in der Zeichnung ausgedrückt ist, wo das Auge in O die End- Fig. 301.
puncte aller jener Bilder auf einer und derselben geraden Linie OV oder Ov sehen würde, so daſs also jene gefärbten Ränder des Bildes ganz verschwinden. Dieses Mittel, an dessen Möglichkeit Newton bekanntlich verzweifelte, giebt uns jenes Collectivglas an die Hand. Die beiden Zeichnungen Fig. 298. u. 299.
werden durch die in denselben gezogenen, die Lichtstrahlen nach ihren Brechungen darstellenden Linien einen allgemeinen Begriff von der Einrichtung dieser *Doppeloculare* geben, die man seit ihrer Erfindung bei allen bessern Fernröhren und Mikroskopen vorzugsweise anwendet. Dabei ist $\alpha\beta$ das eigentliche Bild des Gegenstandes, das allein zur Wirklichkeit kommt, während die andern $\alpha'\beta'$ und $\alpha''\ \beta''$ bloſs zur Erläuterung der Erscheinung dienen. Man bemerkt ohne besondere Erinnerung, wodurch sich die beiden Zeichnungen vorzüglich unterscheiden. In der ersten stehn nämlich die beiden Bilder $\alpha\beta$ und $\alpha'\ \beta'$ zwischen dem Ocular und der Collectivlinse oder, wie man sich kürzer auszudrücken pflegt, *zwischen* den beiden Ocularen, während diese Bilder in der zweiten *auſser* diesen zwei Ocularen stehen. Dieser Unter-

schied ist aber, in Beziehung auf den Gebrauch des so eingerichteten Instruments, von grofser Wichtigkeit, und da die eigentliche Theorie, wenigstens der zweiten und vorzüglichsten Einrichtung, so viel mir bekannt, noch in keinem Werke gegeben worden ist, so wird es hier nicht unzweckmäfsig erscheinen, diesen Gegenstand näher zu betrachten, der für die Construction der Fernröhre sowohl, als auch der Mikroskope sehr interessant ist.

VII. Theorie der Doppeloculare.

Nennt man wieder, um die schon oben gebrauchten Bezeichnungen beizubehalten, a und α die beiden zusammengehörenden Vereinigungsweiten der ersten Linse oder des Objectivs des Fernrohrs oder des Mikroskops, welches Objectiv ich hier bereits als ein doppeltes oder als ein von den beiden Abweichungen der Kugelgestalt und der Farbenzerstreuung befreites Linsenglas voraussetze. Die Brennweite desselben sey p, der Oeffnungshalbmesser z und zwischen diesen beiden Gröfsen bestehe, wie zuvor, das Verhältnifs $z = p\,w$. Für die zweite und dritte Linse oder für die beiden Oculare wollen wir alle jene Gröfsen durch einen und durch zwei Striche bezeichnen. Ueberdiefs sey m die Vergröfserungszahl des Instruments und φ der scheinbare Halbmesser seines Gesichtsfeldes.

Dieses vorausgesetzt hat man aus den ersten optischen Gründen[1] die bekannten Gleichungen

$$m = \frac{\alpha\alpha'}{a\,a'},\ p'\,w' = (a' + \alpha)\,\varphi,$$

$$w'' - w' = (m-1)\,\varphi \text{ und } \frac{1}{p'} = \frac{1}{a'} + \frac{1}{\alpha'},$$

auf welchen die ganze Theorie der hier in Rede stehenden Doppeloculare beruht, insofern die Farbenzerstreuung, auf die wir weiter unten Rücksicht nehmen wollen, als nicht bestehend angesehn wird. Da übrigens bei diesen Instrumenten sowohl die auf das Objectiv, als auch die am Ende aller Brechungen auf das Ocular fallenden Strahlen unter sich parallel seyn sollen, so ist in den vorhergehenden Ausdrücken $\alpha = p$

1 Vergl. Art. *Linsenglas* a. a. O.

und $a'' = p''$. Endlich ist auch, da wir zwischen diesen drei Linsen des Instruments nur ein einziges wahres Bild voraussetzen, die Vergröſserungszahl m negativ oder, mit andern Worten, das Bild steht verkehrt.

Um diesen Gleichungen eine zu unserem Zwecke bequemere Gestalt zu geben, wollen wir $w'' = \Theta w'$ und $a' = k . \alpha'$ annehmen, wodurch man erhält

$$\left.\begin{array}{l} m = \frac{p}{k p''},\ p' = -\frac{p}{h}(\Theta - 1), \\ a' = -\frac{p}{h}(\Theta-1)(k+1) \text{ und } \alpha' = -\frac{p(\Theta-1)(k+1)}{hk} \end{array}\right\} \ldots (A)$$

wo der Kürze wegen $h = \Theta - m + (\Theta - 1) k$ gesetzt worden ist.

Kennt man so die Gröſsen a', α' und p'', so ist auch die Distanz Δ des Objectivs von dem Collective und die Distanz Δ' des Collectivs von dem Oculare gegeben, da man hat

$$\Delta = \alpha + a' \text{ und } \Delta' = \alpha' + a'',$$

so daſs also seyn wird

$$\Delta = -\frac{p}{h}(m - 1)$$

und

$$\Delta' = \frac{p}{m h k}\Big[\Theta - m + (\Theta - 1)\left[(1 - m) k - m\right]\Big],$$

welche Gröſsen Δ, Δ' ihrer Natur nach positiv seyn sollen, so wie auch $w' > (1 + k)\frac{z}{p}$ und $w'' > \frac{kz}{p}$ genommen werden muſs. Noch hat man für die Entfernung des Auges hinter der dritten Linse oder hinter dem eigentlichen Oculare den Ausdruck

$$\frac{p w''}{m . \varphi}.$$

Das Vorhergehende zeigt, daſs die Aufgabe der Bestimmung eines Doppeloculars unendlich viele Auflösungen zuläſst, da, selbst wenn man auch alle die drei Linsen, wie hier vorausgesetzt wird, convex oder die Werthe von p, p' und p'' positiv annehmen wollte, doch die beiden Gröſsen Θ und k der Willkür überlassen bleiben. Allein diese Willkür ist, wie wir sogleich sehn werden, durch die Natur des Problems wieder sehr beschränkt und man darf nicht für Θ und k jeden beliebigen Werth annehmen. Setzt man z. B. voraus, daſs

das Gesichtsfeld des Instruments, alles übrige gleich genommen, so grofs als möglich seyn soll, was allerdings eine der Hauptforderungen ist, die man an jedes gute Fernrohr oder Mikroskop machen soll, so wird man $w'' = -w'$, das heifst $\Theta = -1$ setzen, und dadurch ist also der eine Werth der beiden willkürlichen Gröfsen Θ und k schon bestimmt, so dafs demnach die vorigen Gleichungen in die folgenden übergehn:

$$\left.\begin{array}{l} m = \frac{p}{k p''},\ p' = \frac{2p}{h} \\ a' = \frac{2p}{h}(k+1),\ \alpha' = \frac{2p(k+1)}{hk}, \\ \Delta = -\frac{p}{h}(m-1) \text{ und } \Delta' = \frac{p}{hkm}(m-1)(2k+1) \end{array}\right\} \ldots (I)$$

in welchen wieder $h = -1 - m - 2k$ vorausgesetzt ist.

Da überdiefs bereits oben $w' > (1+k)\frac{z}{p}$ war und da bei allen guten Instrumenten, wie ebenfalls früher schon bemerkt worden ist, der Werth von w' höchstens gleich $\frac{1}{4}$ und $\frac{z}{p}$ nahe gleich 0,05 ist, so zeigt der letzte Werth von w', dafs $k < 4$ seyn mufs, so wie auch aus der Gleichung $m = \frac{p}{k p''}$ folgt, dafs k eine negative Gröfse ist. Allein der vorhergehende Ausdruck für die immer positive Gröfse Δ' zeigt, dafs auch der Werth von $(2k+1)$ immer negativ seyn mufs, und daraus folgt, dafs man die Gröfse k immer zwischen den beiden Grenzen $k = -\frac{1}{2}$ und $k = -4$ annehmen mufs.

Allein schon die vorhergehende Bemerkung, dafs k immer eine negative Zahl ist, ohne übrigens auf die Grenzen zu sehn, zwischen welchen sie eingeschlossen ist, führt schon auf einen sehr wesentlichen Umstand, nämlich auf eine Eintheilung dieser Doppeloculare in zwei Classen, deren jede, da sie unter sich in ihrer Einrichtung gänzlich verschieden sind, abgesondert betrachtet werden mufs. Es ist nämlich angenommen worden

$$k = \frac{a'}{\alpha'},$$

und demnach, da k negativ ist, entweder 1) die Gröfse α' po-

sitiv und a' negativ, oder II) umgekehrt die Gröfse a' positiv und dagegen α' negativ. In diesem Falle II aber fällt das einzige Bild, welches durch diese drei Linsen hervorgebracht wird, zwischen die beiden ersten Linsen oder zwischen das Objectiv und die Collectivlinse, in dem Falle I aber zwischen die beiden Oculare. Betrachten wir jeden dieser beiden Fälle näher.

I. Erste Classe von Doppelocularen.

In dieser Classe fällt also das wahre Bild zwischen die beiden letzten Linsen oder zwischen das Ocular und das Collectiv und es ist $\Theta = -1$, α' positiv und a' negativ. Diese Classe ist es, welche oben unter der Benennung des CAMPANI'schen Oculars vorgekommen ist. Fig. 298.

Nimmt man die Vergröfserungszahl m bedeutend grofs an gegen k, wie dieses bei allen bessern optischen Instrumenten der Fall ist, so kann man $h = -m$, also auch

$$a' = -\frac{2p}{m}(k+1) \text{ und } \Delta' = -\frac{p}{km}(2k+1)$$

setzen, woraus folgt, dafs das negative k gröfser als die Einheit seyn mufs und dafs daher der oben noch ganz willkürliche Werth von k zwischen -1 und -4 fällt. Jede Annahme von k zwischen diesen beiden Grenzen bildet daher gleichsam eine *neue Art* von Doppelocularen dieser ersten Classe. Wir wollen nur einige derselben betrachten.

Erste Art. Sey $k = -\frac{1}{2}$, so geben die Gleichungen (I) sofort

$$p' = -\frac{2p}{m-2},\ p'' = -\frac{2p}{3m},$$

$$\Delta = \frac{p(m-1)}{m-2},\ \Delta' = -\frac{4p(m-1)}{3m(m-2)},$$

$$a' = \frac{p}{m-2},\quad \alpha' = -\frac{2p}{3(m-2)}.$$

Zweite Art. Sey $k = -\frac{(3m+1)}{2(m+1)}$, so geben die Gleichungen (I)

$$p' = -\frac{2p(m+1)}{m(m-1)},\ p'' = -\frac{2p(m+1)}{m(3m+1)},$$

$$\Delta = \frac{p}{m}(m+1), \quad \Delta' = -\frac{4p}{m}\cdot\frac{m+1}{3m+1},$$

$$a' = \frac{p}{m}, \quad \alpha' = -\frac{2p}{m}\cdot\frac{m+1}{3m+1}.$$

Ganz dieselben Ausdrücke findet auch Prechtl[1], die übrigens schon von Klügel[2] als sehr zweckmäfsig angegeben werden. Da in ihnen $\alpha' = p''$ ist, so fällt das wahre Bild des Gegenstandes genau in die Mitte zwischen die beiden Oculare, also an die vortheilhafteste Stelle. Je näher überhaupt k an $-\frac{1}{2}$ genommen wird, desto näher fällt das Bild gegen die Mitte der beiden Linsen, und je näher k an -1 genommen wird, desto näher fällt das Bild an das eigentliche Ocular, welcher letzte Fall vermieden werden soll, weil sonst der Staub, der auf diesem Oculare liegt, oder die Streifen, welche in seiner Masse sind, sichtbar werden und störend auf das Deutlichsehn einwirken. Der Halbmesser des Gesichtsfeldes ist

$$\varphi = \frac{2w'}{m-1},$$

also auch, wenn man, wie gewöhnlich, $w' = \frac{1}{4}$ nimmt,

$$\varphi = \frac{1719}{m-1} \text{ Minuten.}$$

Uebrigens bemerkt man von selbst, dafs, wenn die Vergröfserungszahl m beträchtlich ist, diese beiden Arten nahe identisch werden.

Für ein besonderes Beispiel sey $k = -1,6$, $m = -30$ und $p = 60$ Zoll, so wie $z' = 0,93$ gegeben, so findet man durch die Gleichungen (1) für die Construction eines solchen Doppeloculars der ersten Classe, wenn alles in Zollen ausgedrückt wird,

$$p' = 3,73; \quad p'' = 1,25;$$
$$\Delta = 57,76; \quad \Delta' = 2,65.$$

Ferner ist $w' = \frac{z'}{p'} = \frac{1}{4} = -w''$, also auch der Oeffnungshalbmesser des Oculars $z'' = p''w' = 0,31$ und das halbe Gesichtsfeld

1 Dessen praktische Dioptrik. Wien 1828. 8. S. 187.

2 Analytische Dioptrik. Leipz. 1778. 4.

$$\varphi = \frac{1719}{31} = 55{,}4 \text{ Minuten.}$$

Diese Einrichtung stimmt sehr nahe mit jener überein, die Dollond, Ramsden, Fraunhofer und Plössl ihren Dopplocularen dieser ersten Classe gegeben haben.

Für ein letztes Beispiel nehmen wir für eine schwache Vergrößerung $m = 10$ die Größe $k = -1{,}6$; $p = 25$ und $z' = 1{,}15$ an, so geben die Gleichungen (I)

$$p' = 4{,}10; \quad p'' = 1{,}56;$$
$$\Delta = 22{,}54; \quad \Delta' = 3{,}10 \text{ Zoll.}$$

Ferner ist $w' = \frac{z'}{p'} = 0{,}286$ und $z'' = p'' w'' = p'' w' = 0{,}45$, so wie das halbe Gesichtsfeld

$$\varphi = 178{,}8 \text{ Min.} = 2 \text{ Gr. } 58{,}8 \text{ Min.},$$

und diese Einrichtung stimmt wieder sehr nahe mit derjenigen überein, die Fraunhofer seinen Nachtfernröhren oder den sogenannten Kometensuchern gegeben hat.

Wir gehen nun zur

II. zweiten Classe der Doppeloculare

über, für welche das Bild des Gegenstandes zwischen das Objectiv und die Collectivlinse fällt, d. h. für welche α' negativ und a' positiv ist, wobei die Größe Θ wieder ihren alten Werth $\Theta = -1$ beibehält. Diese Classe von Ocularen sucht man vergebens in Euler's, Klügel's und anderer Optiker Schriften. Der Erste aber, der ihrer in praktischer Beziehung gedacht hat, ist Ramsden[1], auf welche Mittheilung wir später wieder zurückkommen werden.

Nimmt man in den Gleichungen (A) den Werth von m bedeutend groß an, so hat man

$$a' = -\frac{2p}{m}(k+1) \text{ und } \Delta' = -\frac{p}{km}(2k+1).$$

Da nun a' und Δ' ihrer Natur nach positiv, m und k aber negativ seyn sollen, so zeigt die erste dieser Gleichungen, daß $k < -1$, und die zweite, daß $k > -\frac{1}{2}$ ist, so daß also k zwischen die zwei Grenzen $-\frac{1}{2}$ und -1 fallen muß.

---

1 Philosoph. Trans. 1783. p. 94.

Erste Art. Sey also k das Mittel jener beiden Grenzwerthe oder sey $k = -\frac{3}{4}$, so hat man für die Construction eines solchen Oculars

$$p' = -\frac{4p}{2m-1}; \quad p'' = -\frac{4p}{3m};$$

$$\Delta = \frac{2p(m-1)}{2m-1}; \quad \Delta' = -\frac{4p(m-1)}{3m(2m-1)};$$

$$a' = -\frac{p}{2m-1}; \quad \alpha' = \frac{4p}{3(2m-1)}.$$

Man wird aber bemerken, daſs, den vorhergehenden Ausdrücken zufolge, das Bild desto näher an die Collectivlinse fällt, je näher k der Grenze — 1 genommen wird. Sey daher in der

zweiten Art $k = -\frac{10}{11}$, so ist

$$p' = \frac{22p}{9-11m}; \quad p'' = -\frac{11p}{10m};$$

$$\Delta = -\frac{11p(m-1)}{9-11m}; \quad \Delta' = \frac{99p(m-1)}{10m(9-11m)};$$

$$a' = \frac{2p}{9-11m} \text{ und } \alpha' = -\frac{22p}{10(9-11m)}.$$

Ist z. B. für ein besonderes Exempel $k = -\frac{10}{11}$; $p = 60$; $m = -30$ und $z' = 0{,}973$, so erhält man, in Zollen ausgedrückt,

$$p' = 3{,}89; \quad p'' = 2{,}21; \quad \Delta = 60{,}36; \quad \Delta' = 1{,}81;$$

$w' = \frac{z'}{p'} = \frac{1}{4}$; $z'' = p''w' = 0{,}55$ und für das halbe Gesichtsfeld

$$\varphi = \frac{2w'}{1-m},$$

oder eigentlich, wenn man das halbe Gesichtsfeld in Minuten des Bogens ausdrücken will,

$$\varphi = \frac{3438(2w')}{1-m} = 55{,}4 \text{ Minuten.}$$

Ebenso findet man für $k = -\frac{10}{11}$; $p = 60$; $m = -100$ und $z' = 0{,}298$ die folgenden Werthe: $p' = 1{,}19$; $p'' = 0{,}78$; $\Delta = 60{,}28$; $\Delta' = 0{,}42$; $w' = \frac{1}{4}$; $z'' = 0{,}19$ und $\varphi = 17$ Minuten. Beide Beispiele stimmen sehr nahe mit der Einrichtung überein, die Fraunhofer seinen Ocularen bei den Meridiankreisen und Passageninstrumenten gegeben hat.

Nimmt man die Zahl m sehr grofs, wie dieses bei den so eben erwähnten Fernröhren der Fall ist, so gehen die Gleichungen (I) in folgende über:

$$p' = -\frac{2p}{m},\ p'' = \frac{p}{km},\ \varDelta = -p,$$

$$\varDelta' = -\frac{p(1+2k)}{km},\ a' = -\frac{2p}{m}(1+k) = \alpha'.k,$$

und wenn man in diesen Ausdrücken für ein besonderes Exempel $k = -\frac{9}{10}$ setzt, so ist

$$p' = -\frac{2p}{m};\ p'' = -\frac{10p}{9m};\ \varDelta' = -\frac{8p}{9m};$$

$$a' = -\frac{p}{5m} \text{ und } \alpha' = \frac{2p}{9m},$$

und diese letzte Anordnung schlägt Prechtl in seiner oben erwähnten Schrift zur Ausführung als geeignet vor.

Alein in allem Vorhergehenden würde, wie man sieht, auf die *Farbenzerstreuung*, die durch eben diese zwei Oculare entsteht, keine Rücksicht genommen, denn diejenige Zerstreuung, die von dem Objective selbst entsteht, konnten wir mit Recht übergehn, da wir schon vorausgesetzt haben, dafs dasselbe ein aus Kron- und Flintglas achromatisch zusammengesetztes ist. Dessenungeachtet, da die bisher entwickelten Formeln, wie wir gesehn haben, schon so nahe mit denjenigen Doppelocularen übereinstimmen, welche uns die besten englischen und deutschen Künstler geliefert haben, so dürfte man wohl annehmen, dafs diese Farbenzerstreuung der beiden Oculare nicht eben sehr störend auf den Gebrauch derselben einwirken könne. Aber immer wird es, wenn anders diese Berücksichtigung nicht etwa andere Hindernisse erzeugen sollte, ohne Zweifel gut seyn, auch auf sie noch Acht zu haben, und sonach ist es zur Vervollständigung dieses Gegenstandes noch angemessen, die zweckmäfsigste Einrichtung dieser ebenfalls achromatischen Doppeloculare näher zu untersuchen.

Achromatische Doppeloculare.

Die vorhergehenden Gleichungen (A) geben sofort

$$\frac{p''}{\alpha'} = \frac{[\Theta - m + (\Theta - 1)k]}{m(1-\Theta)(1+k)},$$

wo wieder $k = \frac{a'}{\alpha'}$ und $\Theta = \frac{w''}{w'}$ angenommen wird. Die Vernichtung des farbigen Randes (am Ende von Abschn. VI.) des Bildes aber, von dem wir bereits oben geredet haben, wird nach bekannten optischen Grundsätzen durch die einfache Gleichung gegeben:

$$0 = w' + \frac{p'' w''}{\alpha'} \text{ oder } \frac{p''}{\alpha'} = -\frac{1}{\Theta}.$$

Setzt man daher diese beiden Werthe von $\frac{p''}{\alpha'}$ einander gleich, so erhält man

$$\frac{\Theta - m + (\Theta - 1)k}{m(\Theta - 1)(k + 1)} = \frac{1}{\Theta} \text{ oder } k = \frac{2m\Theta - \Theta^2 - m}{(\Theta - 1)(\Theta - m)},$$

und durch diese Gleichung, die also den vorhergehenden Gleichungen (A) noch hinzugefügt werden mufs, wird zugleich die früher willkürliche Gröfse k vollkommen bestimmt oder gegeben seyn. Substituirt man also diesen Werth von k in den Gleichungen (A), so wird man zur Bestimmung der achromatischen Doppeloculare folgende Gleichungen haben:

$$\left.\begin{aligned} p' &= \frac{p(1-\Theta)(\Theta - m)}{m(m-1)}; \; p'' = \frac{p(1-\Theta)(\Theta - m)}{m(\Theta^2 - 2m\Theta + m)}; \\ \Delta &= \frac{p}{m}(m - \Theta); \; \Delta' = \frac{p(\Theta - 1)^2(\Theta - m)}{m(\Theta^2 - 2m\Theta + m)}; \\ a' &= -\frac{p\Theta}{m} \text{ und } \alpha' = \frac{p\Theta(1-\Theta)(m-\Theta)}{m(\Theta^2 - 2m\Theta + m)} \end{aligned}\right\} \;..\; (II)$$

Zur näheren Discussion dieser Ausdrücke müssen wir offenbar auch hier, wie oben, zwei Classen dieser Oculare unterscheiden.

I. Erste Classe der achromatischen Doppeloculare.

In dieser Classe ist a' negativ und α' positiv oder das Bild fällt zwischen das Ocular und das Collectivglas. Da hier die unbestimmte Gröfse k nicht mehr vorkommt, so mufs die Eintheilung nach Classen durch den Werth der Gröfse Θ bestimmt werden.

Für grofse Werthe von m ist

$$\alpha' = -\frac{p\,\Theta(\Theta-1)}{m(1-2\Theta)},$$

und da α' positiv ist, so fällt Θ zwischen 0 und $-\infty$. Allein so weit von einander entfernte Grenzen können hier nicht zugelassen werden, denn ist w' die gröfste der beiden Gröfsen w' und w'', so soll immer $w'' < w'$ oder doch höchstens $w'' = w'$ seyn, oder die Grenzen, zwischen welche Θ fällt, müssen $\Theta = 0$ und $\Theta = -1$ seyn.

Erste Art. Sey $\Theta = -1$, so hat man durch Hülfe der Gleichungen (II)

$$p' = \frac{2p(1+m)}{m(1-m)};\; p'' = -\frac{2p(1+m)}{m(1+3m)};$$

$$\Delta = \frac{p}{m}(1+m);\; \Delta' = -\frac{4p(1+m)}{m(1+3m)};$$

$$a' = \frac{p}{m};\; \alpha' = -\frac{2p(1+m)}{m(1+3m)},$$

wo m eine an sich negative Gröfse und zugleich $\alpha' = p''$ und $\Delta' = 2p''$ ist und wo man wieder hat

$$\varphi = \frac{(\Theta-1)\,w'}{m-1} = -\frac{2w'}{m-1}.$$

Es ist merkwürdig, dafs diese Ausdrücke durchaus mit jenen identisch sind, die wir schon oben für die erste Art der ersten Classe der noch chromatischen Doppeloculare erhalten haben, so dafs also durch die blofse Stellung des Bildes in der Mitte zwischen beiden Ocularen die Farbenlosigkeit des Bildes von selbst schon erreicht wird.

Ist für einen besondern Fall $\Theta = -1$, $p = 70$,

$m = -100$ und $z' = 0{,}3$,

so erhält man

$p' = 1{,}37$; $p'' = 0{,}46$; $\Delta = 69{,}3$; $\Delta' = 0{,}93$; $z'' = 0{,}10$

und

$$\varphi = 6876\,\frac{w'}{m-1} = 17{,}3 \text{ Minuten, wenn } w' = \tfrac{1}{4} \text{ ist.}$$

Andere Werthe von Θ zwischen 0 und -1 geben sämmtlich ein kleineres Gesichtsfeld und $\Theta = 0$ giebt

$$\varphi = \frac{3438\,w'}{m-1},$$

also nur die Hälfte des Vorhergehenden.

II. Zweite Classe der achromatischen Doppeloculare.

In dieser Classe ist a' positiv und α' negativ und das Bild fällt zwischen das Objectiv und die Collectivlinse. Da α' negativ ist, so ist auch die Gröſse

$$\frac{\Theta(\Theta-1)}{1-2\Theta}$$

negativ, und da Θ nie gröſser als die Einheit seyn soll, so muſs, für unsern Fall, der Werth von Θ zwischen 0 und $+\frac{1}{2}$ fallen.

Bei der Rücksicht auf die Farbenzerstreuung ist daher für die Oculare der zweiten Classe der für die Gröſse des Gesichtsfeldes

$$\varphi=\frac{(\Theta-1)\,w'}{m-1}$$

günstigste Fall, oder $\Theta=-1$, ganz *unmöglich*, d. h. wenn man bei diesen Ocularen den farbigen Rand wegbringen will, so kann dieses *nur auf Kosten des Gesichtsfeldes* geschehn. Selbst die Gröſse $\Theta=\frac{1}{2}$ führt schon auf unmögliche Resultate, da dann $\alpha'=\frac{\Theta(\Theta-1)}{1-2\Theta}$ unendlich groſs wird, während es doch einen negativen Werth haben soll. Je näher man übrigens die Gröſse Θ an der einen ihrer Grenzen $\Theta=0$ nimmt, desto gröſser wird das Gesichtsfeld φ, aber auch für $\Theta=0$ selbst ist erst

$$\varphi=-\frac{w'}{m-1},$$

also nur die Hälfte von dem der ersten Classe.

Erste Art. $\Theta=+\frac{1}{4}$ giebt nach den Gleichungen (II) für gröſsere Werthe von m

$$p'=-\frac{3p}{4m};\ p''=-\frac{3p}{2m};\ \Delta=p;\ \Delta'=-\frac{9p}{8m};\ a'=-\frac{p}{4m}$$

und

$$\alpha'=\frac{3p}{8m},$$

und überdieſs

$$\varphi=-\frac{3w'}{4(m-1)},$$

also φ nur gleich $\frac{3}{8}$ des Gesichtsfeldes der ersten Classe, und

überdiefs p' kleiner als p'' oder die Brennweite des Collectivs kleiner als die des Oculars. Allein solche Doppeloculare hat noch keiner der bessern Optiker auch nur versucht, und wie wir sehn, so verdienten sie es auch nicht, da sie den vorhergehenden weit nachstehn.

Was ist aber daraus für die Ausübung zu schliefsen? Dafs man bei den Doppelocularen auf diejenigen, welche das Bild *aufser* den beiden Linsen haben, ganz verzichten soll? Dann würde man aber eines grofsen und sehr schätzbaren Vorzugs entbehren, den diese Oculare der zweiten Classe für Fernröhre sowohl als auch für Mikroskope gewähren. Allein wenn man die Farbenzerstreuung nicht berücksichtigt, so haben wir oben gesehn, dafs sich dann diese zweite Classe recht wohl ausführen läfst und dafs auch für sie das Gesichtsfeld

$$\varphi = \frac{2\,w'}{1 - m}$$

noch immer so grofs ist, als man es unter den gegebenen Umständen nur wünschen kann, dafs auch Fraunhofer bei seinen Mittagsfernröhren sie in der That ausgeführt und dafs man sie bisher als die besten beibehalten hat. Also mufs wohl die Farbenzerstreuung so gering seyn, dafs man sie ohne merkliche Fehler gänzlich vernachlässigen kann. Und so ist es auch, wie die Erfahrung gezeigt hat und wie man auch leicht durch die Analyse zeigen kann.

Das Resultat dieser Untersuchung ist demnach, dafs man für solche Doppeloculare, die ihr Bild aufser den beiden Linsen haben, die Farbenabweichung absichtlich unberücksichtigt lassen und daher diese Oculare nach den vorhergehenden Formeln der *zweiten* Classe construiren wird, um dafür nicht nur ein gröfseres Gesichtsfeld, sondern auch nach einen andern, diesen Ocularen der zweiten Classe eigenthümlichen Vortheil zu erreichen.

Und worin besteht dieser eigenthümliche Vortheil? Ramsden, der Erfinder dieser zweiten Classe der Oculare, hat es[1] selbst sehr gut gesagt, wie er denn auch mit seinem grofsen praktischen Tastsinn den Unserschied der beiden Classen sehr richtig bezeichnete, obschon er sich, wie man in seiner

---

1 A. a. O. Philos. Trans. 1783.

Schrift sieht, vergebens abmühte, den theoretischen Grund dieses Unterschiedes zu finden. Er erkannte, wie es von einem Künstler seiner Art zu erwarten ist, den Nachtheil der Oculare der ersten Classe, wo das Bild zwischen die beiden Linsen fällt, sehr wohl, indem er bemerkt, dafs jede kleine Verrückung des Oculars, die wegen der verschiedenen Weitsichtigkeit der Beobachter, wegen der Reinigung der Linsen von Staub u. dgl. nothwendig ist, auch sofort die Rectification des ganzen Instruments stört, und dafs zweitens das Collectiv das von dem Objectiv erzeugte Bild verkleinert, aus welcher Ursache die Brennweite des eigentlichen Oculars wieder bedeutend kürzer gemacht werden mufs. Allein dieses Letztere hat zur Folge, dafs selbst die feinsten Fäden des Mikrometers schon viel zu dick erscheinen, um bei sehr scharfen Messungen noch mit Sicherheit gebraucht werden zu können. Diesen und andern von ihm noch aufgezählten Nachtheilen wollte er anfangs durch ein Zurückgehn auf die früher gebrauchte einfache Ocularlinse begegnen, wodurch aber das Gesichtsfeld wieder viel zu klein wurde, um bei astronomischen oder auch bei mikroskopischen Messungen mit Nutzen gebraucht zu werden. Später gerieth er auf die Auskunft, die Ocularlinse, nach Art der Objective, doppelt zu machen, allein er fand bald, dafs solche Oculare eine zu grofse Oeffnung fordern, einen zu grofsen Lichtverlust verursachen und von der Kugelabweichung nur schwer zu befreien sind. Endlich, nach vielen vergeblichen Versuchen, verfiel er auf den Bau solcher Doppeloculare, wie wir sie in der zweiten Classe aufgezählt haben, wo nämlich das Bild nicht mehr zwischen die beiden Ocularlinsen, sondern zwischen das Objectiv und Collectiv, ganz nahe bei dem letzten, fällt. Er war mit dem Erfolge seiner praktischen Ausführung schon zufrieden und er hatte auch guten Grund dazu; aber nicht ebenso zufrieden zeigte er sich selbst mit dem, was er die Theorie der neuen Oculare nannte, indem er zum Schlusse seiner eben erwähnten Abhandlung sagt: *But to give a proper demonstration would require more leisure, than is consistent with the situation of one not very conversant with mathematics, and therefore the whole is only given in hopes, that some person of more abilities in the science of optics will favour us with a general theorem, in order that its application may be more universal.* Dieses offene, den grofsen

Künstler ehrende Selbstgeständnifs mag die schon öfter aufgestellte Meinung berichtigen, dafs die ersten englischen Optiker Englands auch zugleich sehr hohe mathematische Kenntnisse besessen haben. Weder die Künstler jenes Landes, noch die irgend eines andern, den einzigen FRAUNHOFER vielleicht ausgenommen, haben so viele theoretische Kenntnifs und Uebung besessen, um sich durch die Theorie in ihren Ausführungen leiten zu lassen, und ohne Zweifel ist dieses die Hauptursache, warum die Sache selbst noch immer so viel zu wünschen übrig läfst, wenn man gleich gestehn mufs, dafs auch schon der praktische Tact eines DOLLOND, RAMSDEN, PLÖSSL u. A. sehr glänzende Erfolge erzeugt hat. Aber welche ganz andere würden wir vielleicht erreicht haben, wenn dieser praktische Tastsinn zugleich durch tiefere mathematische Kenntnisse unterstützt worden wäre. Was man auch schon in ältern und neuern Zeiten über diesen Gegenstand gesagt haben mag, immer wird es eine nicht genug zu beachtende Wahrheit bleiben, was HORAZ so schön ausgedrückt hat:

— — Ego nec studium sine divite vena,
Nec rude quid prosit video ingenium: alterius sic
Altera poscit opem res et conjurat amice.

VIII. Spiegelmikroskope.

So wie man, bald nach der Erfindung der dioptrischen Fernröhre, auch katoptrische, mit Spiegeln versehene Instrumente dieser Art zu verfertigen suchte, so hat man es auch mit den Mikroskopen gethan, beides vorzüglich auf NEWTON's Rath, der, durch einen Fehlschlufs, den er aus seinen Beobachtungen gezogen hatte, verleitet, die Behauptung aufgestellt hatte, dafs sich bei dioptrischen Fernröhren und Mikroskopen der Fehler der Farbenzerstreuung nicht wegbringen lasse und dafs man sich daher, wenn man vollkommene Instrumente dieser Art erhalten wolle, zu den Spiegeln wenden müsse.

Das einfachste Spiegelmikroskop ist ein Hohlspiegel CD, Fig. 30?.
durch welchen bekanntlich das Gesicht des in den Spiegel schauenden Beobachters immer vergröfsert wird, wenn derselbe näher bei dem Spiegel steht, als die Brennweite desselben beträgt. Bringt man einen kleinen Gegenstand ab innerhalb

der Brennweite eines stark concaven Hohlspiegels, so wird sich das Bild desselben sehr vergröſsert in $\alpha\beta$ darstellen, und zwar so oft im Durchmesser vergröſsert, als die Distanz O m des Objects in der Distanz O n des Bildes enthalten ist. Sind nämlich wieder a und α die beiden zusammengehörenden Vereinigungsweiten der Lichtstrahlen vor und nach der Reflexion, so hat man für alle Erscheinungen, welche ein Spiegel darbietet, dessen Brennweite p ist, dieselbe Gleichung

$$\frac{1}{p} = \frac{1}{a} + \frac{1}{\alpha},$$

die wir schon oben für die gebrochenen Strahlen gefunden haben.

Wenn man also die von dem Spiegel C D reflectirten Strahlen mit einer auf der Axe des Spiegels senkrechten Tafel auffängt, so wird man auf dieser Tafel das vergröſserte Bild $\alpha\beta$ des Gegenstandes a b mit freien Augen erblicken. Wenn man aber dieses Bild, statt mit dem unbewaffneten Auge, durch eine convexe Linse betrachtet, so wird dasselbe noch bedeutend gröſser und schärfer erscheinen und man wird ein *zusammengesetztes Spiegelmikroskop* haben. Diese sind, seit Newton's Zeiten, auf mannigfaltige Weise eingerichtet worden. Die neueste und auch wohl vorzüglichste dieser Einrichtungen ist die des Prof. Amici in Modena. Man sieht sie nach ihren Hauptbestandtheilen in der Zeichnung dargestellt. Dieses Spiegelmikroskop besteht nämlich aus einem gröſseren hohlen Metallspiegel A, einem kleinen Planspiegel B und aus einer biconvexen Ocularlinse F, alle drei in einem Rohre befestigt, das gegenüber dem Planspiegel eine Seitenöffnung C hat, durch welche das Licht von dem auf dem Objecttische D liegenden Gegenstande auf den Planspiegel B, von da auf den Hohlspiegel A und von diesem endlich auf das Ocular F reflectirt wird, von welchem es, in dem Puncte O gebrochen, in das Auge des Beobachters gelangt. Die Axe des Hohlspiegels fällt mit der Axe der Ocularlinse in eine und dieselbe Linie zusammen und der kleine Planspiegel ist gegen diese Axe um 45 Grade geneigt. Zur Beleuchtung des Gegenstandes auf dem Objecttischchen D sind mehrere Spiegel seitwärts dieses Tisches oder für diaphane Gegenstände auch unter dem Tische angebracht. Amici hat mehreren dieser Hohlspiegel eine elliptische Krümmung gegeben, da man sich sonst schon mit einer sphärischen zu begnügen suchte. Seine In-

Fig. 303.

strumente stellen die Gegenstände ohne Farbenzerstreuung und sehr scharf dar; sie geben überdiefs eine sehr starke Vergröfserung, aber dafür wenig Lichtstärke. Goring in England hat dieses Instrument noch in manchen Theilen zu verbessern gesucht. Seine Planspiegel sind viel kleiner, als die von Amici, und auch seine Hohlspiegel haben eine viel geringere Brennweite von 1 bis 0,3 Zoll, bei einer Oeffnung von nur 0,3 Zoll im Durchmesser. Der Optiker Cuthbert verfertigte unter Goring's Leitung sehr kleine, elliptische Hohlspiegelchen, die vorzüglich gute Wirkung haben sollen. Sie haben einen halben Zoll Brennweite und ebensoviel Oeffnung; ja selbst elliptische Spiegel von $\frac{3}{10}$ Zoll Brennweite und Oeffnung sollen noch recht gute Dienste leisten.

IX. Sonnen- und Lampenmikroskop.

Das *Sonnenmikroskop* wurde früher vorzugsweise gebraucht, um sehr grofse Vergröfserungen hervorzubringen. Gewöhnlich wendet man es nur für durchsichtige Gegenstände an, da es die undurchsichtigen minder vortheilhaft darstellt. Man pflegt es auch für gröfsere Gegenstände einzurichten, um z. B. eine Biene, eine Spinne u. dgl. ganz und in allen ihren Theilen auf einmal zu übersehn, in welchem Falle man es auch wohl *Megaskop* zu nennen pflegt. In den neuern Zeiten wird das Sonnenmikroskop den oben angeführten, und mit Recht, nachgesetzt, daher man dasselbe mehr zu optischen Unterhaltungen, als zu rein wissenschaftlichen Zwecken zu gebrauchen pflegt. Aus diesem Grunde wird eine kurzgefafste Erklärung dieses und auch des ihm ähnlichen Lampenmikroskops hier genügend erscheinen.

Die Wirkung des Sonnenmikroskops beruht auf der Erscheinung, die wir oben (Abschn. VI.) dargestellt haben. Wenn man nämlich den Gegenstand ab näher an den Brennpunct p' der biconvexen Linse C rückt, so entfernt sich das Bild $\alpha\beta$ von der Linse und wird zugleich gröfser, und wenn man keine grofse Schärfe in der Begrenzung dieses Bildes sucht, so kann man die Vergröfserung desselben so weit treiben, als man eben will. Fig. 294.

Bringt man daher in dem Fensterladen eines verfinsterten Zimmers eine kleine Oeffnung und in derselben eine convexe

Glaslinse an, so kann man einen kleinen Gegenstand etwas weniges außer der Brennweite p' dieser Linse, z. B. in a, befestigen und dann, auf der andern Seite der Linse, in dem finstern Zimmer, den Gegenstand sehr vergrößert auf einer weißen Tafel erblicken. Aber das Licht dieses Bildes wird offenbar desto schwächer seyn, je mehr das Bild selbst vergrößert wird, so daß man daher vor allem für eine recht starke Erleuchtung des vor der Linse stehenden Gegenstandes ab Sorge tragen muß. Die bloße Beleuchtung durch die Sonnenstrahlen genügt hier nicht, sondern man muß ihn beinahe in den Brennpunct einer andern convexen Linse oder eines Hohlspiegels bringen. Die Vergrößerung des Bildes ist gleich dem Quotienten $\frac{C\alpha}{Ca}$, d. h. sehr nahe gleich der Entfernung des Bildes von der Linse, dividirt durch die Brennweite der Linse C.

Auch kann man diese, aus den erwähnten beiden Linsen bestehende Vorrichtung in einem Rohre oder in einem Kasten aufstellen, wie die Zeichnung angiebt, wo ab der kleine Gegenstand ist, der sehr nahe in dem Brennpuncte der stark convexen, also mit einer kleinen Brennweite versehenen Linse B
Fig. 304. steht. Ein beweglicher Planspiegel C sendet das auf ihn fallende Sonnenlicht auf eine zweite Linse A von größerer Brennweite, welche ebenfalls so gestellt wird, daß der Gegenstand ab nicht fern von dem Brennpuncte der Linse A steht und daß daher das von dem Planspiegel kommende Licht, durch diese Linse sehr concentrirt, auf den Gegenstand ab fällt, wodurch derselbe sehr stark erleuchtet wird und sonach ein lebhafter beleuchtetes Bild $\alpha\beta$ auf der Tafel geben kann, die jenseit der ersten Linse B aufgestellt ist.

Ein solches Sonnenmikroskop hat die Bequemlichkeit, daß mehrere Personen zugleich das Bild sehen können, daß die Vergrößerung des Bildes sehr weit getrieben werden und daß man auch sehr leicht eine Zeichnung des Bildes entwerfen kann. Aber es hat nie die Deutlichkeit und die scharfe Begrenzung eines Mikroskopes der frühern Art, wie sie von Fraunhofer, Amici, Plössl, Schiek oder den englischen Künstlern gemacht werden, und dieser Uebelstand wird desto bedeutender, je stärker die Vergrößerung ist.

Fig. 305. Das *Lampenmikroskop* ist von dem Sonnenmikroskope wesentlich nur darin verschieden, daß es, statt von der Sonne,

von dem Lichte einer Lampe erleuchtet wird. Die sehr convexe Linse C erhält von der Lampe F, die in ihrem Brennpuncte steht, das Licht und wirft es in unter sich parallelen Strahlen auf den Hohlspiegel GH, der so geneigt ist, dafs er das so erhaltene Licht auf den Gegenstand ab schickt und ihn dadurch stark beleuchtet. Von da gelangen die Lichtstrahlen auf die sehr convexe Linse K, von wo sie convergirend auf zwei neben einander stehende convexe Linsen B und A auffallen, welche die Stelle einer einzigen sehr convexen Linse vertreten und dann, nach dem Durchgange durch diese Linsen, das verkehrte und zugleich sehr vergröfserte Bild $\alpha\beta$ auf einer gegenüberstehenden Tafel entwerfen.

X. Bestimmung der Vergröfserung eines Mikroskops.

Aus dem Vorhergehenden erhellt, dafs man die Vergröfserungszahl m eines jeden Mikroskops durch Rechnung erhalten kann, wenn man das Product der zweiten Vereinigungsweiten α, α', α''... aller Linsen durch das Product der ersten Vereinigungsweiten a, a′, a″... derselben aufser dem ersten a dividirt, so dafs also die Vergröfserungszahl m in Beziehung auf den Durchmesser der durch das Instrument gesehenen Objecte

$$m = \frac{\alpha\alpha'\alpha''\ldots}{a'a''a'''\ldots}$$

ist. Eigentlich gehört dieser Ausdruck für *Fernröhre* jeder Art; für Mikroskope aber wird man, wie ebenfalls aus dem Vorhergehenden folgt, diese Gröfse noch durch $\frac{h}{a}$ multipliciren, wo h die Sehweite für unbewaffnete Augen ist, die man gewöhnlich zu 8 Zoll annimmt. Für Mikroskope hat man daher

$$m = \frac{h}{a} \cdot \frac{\alpha\alpha'\alpha''\ldots}{a'a''a'''\ldots}.$$

Allein bei zusammengesetzten Mikroskopen ist es nicht immer leicht und oft sogar unmöglich, die Gröfsen α, α'.. und a, a′.. mit Schärfe zu messen, daher man hier auf andere Mittel bedacht seyn mufs, den Werth von m zu bestimmen.

Ein einfaches Mittel für diesen Zweck bieten diejenigen Mikrometer dar, die aus Glasplatten bestehn, auf welchen parallele gerade Linien in engen und gleich grofsen Distanzen

von einander gezogen sind. Legt man ein solches Mikrometer gleichsam als ein zu betrachtendes Object unter das Mikroskop und zählt man, wie viele Felder seines Gitters auf das Gesichtsfeld des Mikroskops gehen oder wie viele Felder man auf einmal durch das Mikroskop übersehn kann, so sehe man nun zu, wie viele solcher Felder auf den Durchmesser des letzten Diaphragma's gehn, durch welches jenes Gesichtsfeld eigentlich bestimmt wird. Gesetzt dieses Diaphragma enthalte 5 Felder, während das Gesichtsfeld 100 derselben zeigt, so ist $m = 20$ oder $m^2 = 400$, d. h. das Mikroskop vergröſsert die Gegenstände im Durchmesser 20- und in der Oberfläche 400-mal. Auch kann man zwei ganz gleiche Mikrometer dieser Art nehmen und den einen als Gegenstand auf den Objecttisch und den andern auf das Diaphragma unter das Ocular legen. Da das letzte Mikrometer nur durch das Ocular, das andere aber durch das ganze Linsensystem des Mikroskops vergröſsert wird, so braucht man nur zuzusehn, wie viele Felder des einen in ein Feld des andern fallen, um die Vergröſserung des Linsensystems, weniger das Ocular, zu erhalten, wo dann die Vergröſserung des letzten, wenn die Brennweite desselben bekannt ist, leicht gefunden und daraus die Vergröſserung m des *ganzen* Mikroskops abgeleitet werden kann. Noch einfacher wird es seyn, von diesen beiden Mikrometern das eine mit dem einen Auge *unter* dem Mikroskope und das andere mit dem andern Auge *auſser* dem Mikroskope zu betrachten. Wenn die Parallellinien beider Mikrometer nahe an einander liegen, so läſst sich leicht schätzen, wie viele Felder des einen Mikrometers auf eine bestimmte Anzahl der Felder des andern gehn, wo dann die Division beider Zahlen sofort die gesuchte Vergröſserung m des ganzen Mikroskops giebt. Allein diese *Schätzung* ist selten genau genug und mehrere Beobachter, welche dieselbe an demselben Instrumente vornehmen, finden oft sehr verschiedene Resultate.

Eine andere viel vorzüglichere und für die Anwendung ebenso genaue als bequeme Methode, die Vergröſserung aller Arten von Mikroskopen zu finden, hat v. JACQUIN[1] vorgeschlagen. Er bedient sich hierzu der bekannten *Sömmering'schen Spiegelchen* und verfährt dabei auf folgende Art. Auf

1 Wiener Zeitschr. Th. IV. S. 5 ff.

einem einfachen hölzernen Gestelle, dessen horizontale Tafel a a Fig. 306.
groſs genug ist, jedes Mikroskop so darauf zu stellen, daſs der Mittelpunct der Ocularlinse 8 Zoll von dem vertical aufgerichteten Schirme b b entfernt bleibt, wird das Mikroskop genau in dieser Entfernung des Oculars von dem Schirme aufgestellt. Der Reflexionsspiegel p des Mikroskops wird durch eine zur Seite stehende Lampe d beleuchtet und ein auf Glas gravirtes Mikrometer auf dem Objecttische q zur deutlichen Ansicht gebracht. Nehmen wir an, daſs auf diesem Mikrometer die Pariser Linie in 30 gleiche Theile getheilt sey. Dem Ocular gegenüber befindet sich an dem Schirme b b ein Blatt dickes, glattes Kartenpapier, das in den an beiden Rändern des Schirmes angebrachten Falzen sich höher oder tiefer schieben läſst, um den Höhen verschiedener Mikroskope angepaſst zu werden. Auf diesem geschwärzten Kartenpapiere sind mit weiſser Farbe eine Anzahl horizontaler, feiner, paralleler Linien gezogen, deren je zwei nächste genau um eine Par. Linie von einander abstehn. Dieser Maſsstab e e wird durch eine seitwärts stehende, mit einem Reflexionsschirme versehene Lampe f beleuchtet, die ebenfalls erhöht und erniedrigt werden kann, um dem beweglichen Maſsstabe immer gegenüber zu stehn. Dann wird an den Ocularapparat des Mikroskops der Sömmering'sche Spiegel h mit seinem Ringe und Stellschrauben befestigt und das Spiegelchen k an der Stelle des Auges unter einem Winkel von 45 Graden gegen das Auge so gestellt, daſs das Bild des Objects (nämlich des auf dem Objecttischchen q liegenden Mikrometers) in die Mitte des Spiegels k fällt und daſs dieses Object mit dem Auge des Beobachters genau ebenso in dem Spiegelchen k, als unmittelbar durch das Ocular gesehn wird. Da man nun mit demselben Auge zugleich den Maſsstab e e an dem Schirme in der normalen Sehweite so sieht, als läge das Mikrometerbild, das man in dem Spiegel k sieht, genau auf jenem Maſsstabe, so lassen sich, wenn man durch Drehen des Mikrometers die Linien desselben mit den Linien des Maſsstabes e e parallel gestellt hat, diese zwei Theilungen des Mikrometers und des Maſsstabes genau vergleichen und daraus die Vergröſserungszahl m leicht bestimmen. Da nämlich eine jede Abtheilung des Maſsstabes eine Par. Linie beträgt und da auf dem Mikrometer jede Par. Linie in 30 gleiche Theile getheilt ist, so ist jede Abtheilung

des Maſsstabes gleich 30 Abtheilungen des Mikrometers. Wenn daher z. B. eine Mikrometertheilung ($\frac{1}{30}$ Par. Linie) genau einer vollen Theilung des Maſstabes (1 Par. Linie) gleich gesehn wird, so ist die Vergröſserung im Durchmesser $m = \frac{30}{1}$ oder $m = 30$. Wenn aber 3 Theile des Mikrometers 4 Theile des Maſsstabes decken, so ist $m = 40$, und überhaupt, wenn a Mikrometertheile b Maſsstabtheile decken, so ist

$$m = \frac{30\,b}{a}.$$

Für die Beleuchtung des Mikrometers sowohl, als auch des Maſsstabes muſs dabei Sorge getragen werden, damit beide nicht nur hell genug, sondern auch gleichmäſsig erhellt erscheinen. Das Auge des Beobachters wird man leicht durch einen schief angebrachten Schirm vor Blendung durch das Licht f schützen können. Am besten wird man diese Untersuchung zur Nachtzeit vornehmen, da man bei Tage das Licht der Sonne nicht so in seiner Gewalt hat. Die Theilung des Mikrometers muſs so eingerichtet seyn, daſs wenigstens immer ein Intervall dieser Theilstriche ganz im Sehfelde des Mikroskops sichtbar ist. Bei sehr starken Vergröſserungen wird man also wohl solche Mikrometer anwenden, auf welchen die Par. Linie in 60 oder 100 gleiche Theile getheilt ist. Daſs sich auf diese Weise auch die Vergröſserung der Spiegelmikroskope und der einfachen Linsen bestimmen lasse, ist für sich klar. Bemerken wir noch, daſs man den erwähnten kleinen Spiegelapparat Sömmering's bei dem Optiker Plössl in Wien um 6 Gulden Augsb. Cour. in einem sehr vollkommnen Zustande erhalten kann.

XI. Meſsapparate bei Mikroskopen.

Bei jeder auf wissenschaftliche Zwecke gerichteten Beobachtung eines Gegenstandes mit einem Mikroskope sollte auch I. die Vergröſserung des Mikroskops, die man bei der Beobachtung angewendet hat, und II. die wahre oder natürliche Gröſse des beobachteten Objects angegeben werden. Was die erste Frage betrifft, so haben wir so eben die besten und bekannten Mittel, sie zu beantworten, mitgetheilt. Den zweiten Gegenstand aber, die Bestimmung der absoluten Gröſse des Objects, hat in den neuesten Zeiten ebenfalls

v. JACQUIN[1] auf eine Weise untersucht, die alle frühere hinter sich zurückläfst, daher wir auch hier das Vorzüglichste aus der erwähnten Abhandlung mittheilen.

Mit Uebergehung mehrerer frühern Methoden, die absolute Gröfse der durch ein Mikroskop gesehenen Gegenstände mehr zu schätzen, als wahrhaft zu messen, kann man drei verschiedene Arten, mit mehr oder weniger Sicherheit zu diesem Ziele zu gelangen, anführen: I. das Glasmikrometer, II. das Doppelbildmikrometer und III. das Schraubenmikrometer. Wir wollen jede derselben in der Kürze näher betrachten.

I. Das *Glasmikrometer* besteht in einer Glastafel, auf welcher feine Striche eingeritzt oder eingeätzt sind. Gewöhnlich sind es gerade parallele Linien, die sehr nahe bei einander stehn. Oft werden auch dieselben von andern darauf senkrechten geraden Linien durchschnitten, wodurch die sogenannten *Netze* entstehn. Diese letzten haben den Nachtheil, dafs die Linien an ihren Durchschnittspuncten gewöhnlich ausspringen, daher die ersten, die ohnehin schon zu beinahe allen wissenschaftlichen Zwecken genügen, vorzuziehn sind. FRAUNHOFER und PLÖSSL verfertigten solche Mikrometer, deren äufserst feine Linien nur um 0,01 Millimeter oder um den 2000sten Theil eines Zolles von einander abstehn. Sie werden, mit der Gravirung nach oben gerichtet, auf den Objecttisch gelegt, dann sucht man zuerst mit einer der schwächern Vergröfserungen ihre zweckmäfsige Lage und Beleuchtung durch Drehung des Mikrometers und des Illuminationsspiegels, und nun erst geht man, bei unverrückter Lage des Instruments zu den stärkeren Vergröfserungen über.

Eine der einfachsten Anwendungen dieser Mikrometer besteht in der Messung des Durchmessers des Sehfeldes bei verschiedenen Vergröfserungen des Mikroskops. Ist das Intervall zwischen zwei nächsten Theilstrichen des Mikrometers z. B. $\frac{1}{100}$ einer Par. Linie und sieht man, dafs 250 solcher Intervalle auf den Durchmesser des Sehfeldes gehn, so beträgt dieser Durchmesser 2,5 oder $2\frac{1}{2}$ Linien. Dieser Durchmesser ist bei unsern neuern Mikroskopen, selbst bei den schwächsten Vergröfserungen derselben, selten über 6 Linien.

---

1 Wiener Zeitschrift. Th. V. S. 149.

Um dann mittelst einer solchen Glastafel den Durchmesser eines Objects zu messen, pflegen viele Beobachter das zu messende Object auf diese Glastafel zu legen und durch das Mikroskop zuzusehn, wie viele Intervalle der Tafel das Object einnimmt. Da aber bei einem solchen Verfahren die Tafel und das Object nicht in derselben Entfernung vom Auge abstehn, so kann man nicht leicht beide zugleich gut sehn, auch sind bei opaken Gegenständen einzelne Theile auf diese Art nicht leicht zu bestimmen, und endlich leidet, bei flüssigen Objecten, das Mikrometer, indem es dadurch verunreinigt wird.

Besser wird man verfahren, wenn man dabei wieder die oben erwähnten Sömmering'schen Spiegel gebraucht. Man projicirt nämlich auf die so eben beschriebene Weise das Bild des Objects in dem Spiegel auf den Maſsstab auf dem Schirme b b und bestimmt dadurch unmittelbar die Dimensionen des Objects. Da nämlich die Vergröſserungszahl m schon aus dem Vorhergehenden bekannt ist, so wird man nun die auf dem Maſsstabe gefundene Gröſse durch diese Zahl m dividiren. Zeigt sich z. B. der Durchmesser des Objects auf dem Maſsstabe gleich 3 Par. Linien bei einer 40maligen Vergröſserung, so ist der wahre Durchmesser gleich $\frac{3}{40} = 0{,}075$ Par. Linie.

Eine andere Methode, durch solche Mikrometer die Dimensionen der Objecte zu bestimmen, setzt zwei einander ganz gleiche Mikrometer dieser Art voraus. Das eine derselben wird, nach abgeschraubter Ocularlinse, auf das zwischen derselben und dem Collectivglase befindliche Diaphragma gelegt, so daſs die Gravirung abwärts oder gegen das Object gerichtet ist (zu diesem Zwecke trägt dieses Diaphragma gewöhnlich einen eigenen Falz, damit das Mikrometer sich nicht verschieben kann). Dann legt man auch das zweite Mikrometer, gleichsam als ein Object, auf das Objecttischchen und bestimmt dann genau, wie sich die Intervalle beider Mikrometer gegen einander verhalten. Ist z. B. bei dem obern Mikrometer die Par. Linie in 30 und bei dem untern in 60 Theile getheilt und deckt in dem Mikroskope ein Theil des untern genau einen Theil des obern, so ist die Vergröſserung des untern Mikrometers durch das ganze Mikroskop $\frac{60}{30}$ oder 2mal so groſs, als die Vergröſserung des obern Mikrometers, welche letzte Ver-

gröſserung bloſs durch das Ocular hervorgebracht wird. Wenn man also irgend ein anderes Object auf dem Objecttische mit dem obern Mikrometer miſst, so ist dasselbe auch um die Hälfte kleiner, als das so gefundene Maſs. Da nun hier das Object sowohl, als auch das obere Mikrometer genau in der gehörigen Sehweite stehn, so kann diese Messung, wie man sieht, sehr genau seyn und sie wird ebenso gut für opake, als für diaphane Gegenstände angewendet werden können.

II. Die *Doppelbildmikrometer* sind von DOLLOND erfunden und von ihm zunächst zur Messung der Dicke der Wollfäden u. s. w. bestimmt worden. Sie bestehn, wie die *Heliometer*[1] bei astronomischen Fernröhren, aus einem planconcaven Glase, das in seinem Durchmesser entzwei geschnitten und dann wieder vereinigt in einer Fassung zusammengepaſst ist, so daſs die zwei Hälften sich durch ein Triebrad neben einander verschieben lassen. Genau auf einander gepaſst zeigen sie ein einfaches Bild des Objects, verschoben aber ein doppeltes. Um damit zu messen, wird diese Vorrichtung unter dem Mikroskope vor das Objectiv gebracht und die Linsenhälften werden so verschoben, daſs die zwei Bilder ganz unter einander liegen oder sich decken, und dann wird der Durchmesser des Bildes oder eigentlich des Objectes, durch Hülfe der an den Fassungen angebrachten Scalen, ganz so bestimmt, wie bei den Schraubenmikrometern, von denen wir sogleich reden werden. Da der Gebrauch dieser Mikrometer complicirt und unbequem ist und die Kosten der Anschaffung auch nicht unbeträchtlich sind, so sind sie bisher wenig in Aufnahme gekommen.

III. Das *Schraubenmikrometer* ist unter allen Vorrichtungen, sehr kleine Objecte zu messen, das vorzüglichste, besonders wenn es diejenige Einrichtung hat, die ihnen in den letzten Zeiten FRAUNHOFER und PLÖSSL gegeben haben. Der letztere Künstler hat eine wesentliche Verbesserung daran angebracht, die in einer quer unter dem Objecttische hinlaufenden feinen Mikrometerschraube besteht, durch welche der ganze Object-Apparat in der Richtung der Schraube sehr langsam hin und her geschoben werden kann. An der Axe dieser

1 S. Art. *Heliometer*. Bd. V. S. 221.

Mikrometerschraube ist eine Scheibe befestigt, auf deren Rand die durch jede einzelne Umdrehung der Schraube bewirkte Verrückung in 100 und mit Hülfe eines Verniers in 1000 Theile getheilt werden kann. Aufserdem werden auf einer andern, neben der Axe angebrachten Scale die ganzen Umdrehungen der Mikrometerschraube gezählt. In den Ocularen des Mikroskops wird auf der Blende entweder ein dünnes, planes Glas befestigt, worauf mit Diamant zwei höchst feine sich senkrecht kreuzende Linien gezogen sind, oder auf einem Ring zwei sich senkrecht schneidende Spinnenfäden. Diese Linien werden entweder durch eigene, an dem Oculare angebrachte Stellschrauben oder durch Drehung des ganzen Oculars so gestellt, dafs eine der beiden Linien des Kreuzfadens mit der Axe der Mikrometerschraube parallel laufe. Der Werth einer Umdrehung der Mikrometerschraube mufs für jeden Mefsapparat besonders durch Versuche gefunden werden. Zu diesem Zwecke wird ein Glasmikrometer unter das Mikroskop bei mäfsiger Vergröfserung von z. B. 100 gebracht und mittelst der Mikrometerschraube so gestellt, dafs die senkrechte Linie des Kreuzes im Oculare genau auf eine Linie des Mikrometers nahe am Rande des Sehfeldes fällt; dann wird, etwa mit Hülfe einer Loupe, nachgesehn und aufgeschrieben, wie die Scalen der Mikrometerschraube stehn. Dann bewegt man die Mikrometerschrauben durch Drehen, bis die senkrechte Linie des Kreuzfadens genau die äufserste Linie des Mikrometers am andern Rande des Sehfeldes deckt. Darauf bemerkt man zuerst den Raum, welchen die Linie des Kreuzes auf dem Glasmikrometer durchlaufen hat, und untersucht den nunmehr eingetretenen Stand der Scalen an der Mikrometerschraube. Die Differenz beider Lesungen der Scalen giebt die Anzahl der einzelnen Theile, also hier die Tausendstel eines Schraubenganges. Diese Zahl durch den oben genannten Raum dividirt giebt den gesuchten Werth eines solchen Tausendtheilchens. Zur gröfsern Sicherheit wiederholt man dasselbe Verfahren mit mehreren Stellen der Schraube und nimmt dann aus allen Resultaten das Mittel. Eine Tabelle, welche die Multipla dieser Tausendstel und ihre entsprechenden Werthe in Theilen des Zolls giebt, wird den Gebrauch eines solchen Mikrometers sehr erleichtern. Will man dann einen Gegenstand messen, so bringt man ihn unter das Mikroskop und

stellt ihn mit dem einen Rande ganz scharf an die auf die Axe der Mikrometerschraube senkrechte Linie des Kreuzfadens, bemerkt den Stand der Scalen, bewegt dann die Schraube, bis die Kreuzlinie den andern Rand des Gegenstandes genau trifft, und liest wieder die Scale ab; die Differenz beider Lesungen giebt dann in jener Tafel sofort den gesuchten Durchmesser des Gegenstandes in Theilen des Zolls oder der Linie. Ist z. B. der Werth eines Tausendtheilchens des Schraubengangs gleich 0,000142 Par. Linie und hat man gefunden, dafs der Durchmesser des Objects 296 solcher Theile beträgt, so ist dieser Durchmesser gleich 0,04203 Linien.

XII. Aeufsere Einrichtung der zusammengesetzten Mikroskope.

Da es nur bei geringen Vergröfserungen, z. B. den Loupen, möglich ist, das Mikroskop und das Object zugleich in derselben ruhigen Stellung vor dem Auge zu behalten, so mufste man bei Mikroskopen von starker Vergröfserung, wo dieses nicht mehr angeht, bald auf eigene Gestelle denken, um das Object nicht nur in die wahre Stellung zum Auge zu bringen, sondern auch darin unverändert zu erhalten. Wir wollen hier nur die vorzüglichsten Theile dieses Gestelles in der Kürze näher betrachten.

Da der Gegenstand genau in die gehörige Entfernung von dem Objectiv des Mikroskops gestellt seyn mufs, so hat das Gestelle eine eigene Schraubenvorrichtung, durch die man entweder das Objectiv dem festen Tischchen, oder dieses Tischchen dem feststehenden Objective nähern kann. Die erste Einrichtung haben die meisten englischen Mikroskope und sie hat das Unbequeme, dafs der Beobachter für verschiedene Oculareinsätze nicht nur seine stehende oder sitzende Lage, sondern auch den Ort seines Auges stets ändern mufs. Die zweite Einrichtung, die Fraunhofer und Plössl getroffen haben, leidet wieder unter dem Umstande, dafs die Beleuchtung für jede Vergröfserung eine andere ist. Welche dieser beiden Bewegungen man aber auch wählen mag, immer ist es nöthig, sie so langsam und sicher als möglich machen zu können, damit das Object seine gehörige Stelle auf das Genaueste

einnehmen und in derselben ungestört verharren kann. Uebrigens geschieht diese Bewegung mittelst eines Getriebes und einer gezahnten Stange.

Das Objectivtischchen muſs so eingerichtet seyn, daſs es ein Glasmikrometer, ferner einen Aufsatz mit einem Planglase aufnehmen kann, auf welches man kleine Tropfen der Flüssigkeit bringt, die man im Mikroskope untersuchen will; endlich noch einen gröſsern Aufsatz von zwei Hohlgläsern, zwischen welchen man kleine lebende Thierchen einsperrt. Zweckmäſsig, ja unentbehrlich ist eine Klemme an diesem Tische, damit der Objectträger zwischen sie geschoben und daselbst unverändert erhalten werden kann. An der gröſsern Gattung der Plössl'schen Mikroskope besteht dieses Tischchen aus 2 über einander befindlichen durchbohrten Platten, wovon die untere fest und die obere nach zwei auf einander senkrechten Richtungen beweglich ist. Auf der obern Platte befindet sich ein gabelförmiges Stück, das durch eine Spiralfeder an die Platte angedrückt wird und durch einen leisen Druck mit dem Finger wieder gehoben werden kann, durch welches demnach die oben erwähnte Klemme vertreten wird, die den Objectträger fest halten soll.

Der *Beleuchtungsapparat* besteht im Allgemeinen aus einem Hohlspiegel, den man für diaphane Objecte, und aus einer gröſseren Sammellinse, die man für opake Objecte anzuwenden pflegt. Für die letzteren Objecte ist aber die *prismatische Linse*, die Selligue in Paris zuerst angegeben hat, von ganz vorzüglichem Gebrauche. Sie besteht aus einem dreiseitigen Prisma mit 2 convexen Flächen. Die durch die erste convexe Fläche einfallenden und gebrochenen Lichtstrahlen werden von der ebenen, in der Fassung befindlichen Seite des Prisma's reflectirt und dann von der zweiten convexen Fläche wieder gebrochen. Bei sehr starken Vergröſserungen pflegt man auch das Licht zuerst durch eine Sammellinse oder durch dieses Prisma zu concentriren, bevor es auf den Hohlspiegel fällt. Wo schon das gewöhnliche Sonnen- oder Lampenlicht hinreicht, das Object zu beleuchten, was bei geringen Vergröſserungen oft der Fall ist, bewirkt das von dem Spiegel dem Objecte zugeschickte Licht nur eine unangenehme und störende Blendung, aus welcher Ursache man auch in diesen Fällen

den Spiegel umwendet und seine geschwärzte Rückseite dem Objecte zukehrt.

An mehreren Mikroskopen hat man eine eigene Vorrichtung, um das Instrument aus der gewöhnlichen verticalen Lage in jede schiefe Richtung gegen den Horizont zu bringen, was besonders zum Abzeichnen der Gegenstände bequem ist.

Gröſsere Mikroskope haben stets mehrere Oculare sowohl als auch Objective, um je nach dem Bedürfniſs des Beobachters verschiedene Vergröſserungen zu erzeugen. Bei den gröſsten Mikroskopen Plössl's hat man drei Doppeloculare und sechs Objective. Die letzten lassen sich, jedes für sich und auch mehrere hinter einander, an das Objectivende des Rohrs anschrauben, denn die ältern Einrichtungen, wo die Objective an der Peripherie einer gemeinsamen Schraube gefaſst sind, die sich drehn läſst, muſs bei stärkeren Vergröſserungen als unangemessen verworfen werden. Die Objectivlinsen sind gewöhnlich numerirt, die schärfsten mit den höchsten Nummern. Sie sind meistens achromatisch gebaut, nach denselben Vorschriften, die man für die Construction der Objective bei Fernröhren befolgt[1]. In den Mikroskopen von Plössl und Amici werden zwei und auch drei dieser Objective übereinander geschraubt, so daſs sie sich fast berühren, um stärkere Vergröſserungen hervorzubringen, doch ist es nicht gleichgültig, welche von diesen Objectiven man zusammenstellt, daher die Künstler eigene schriftliche Anleitungen dazu ihren Instrumenten beilegen.

XIII. Gebrauch der zusammengesetzen Mikroskope.

Die vorzüglichsten Forderungen, die man an jedes Mikroskop, das auf die Benennung eines wahrhaft guten Anspruch machen soll, stellen kann, sind 1) eine starke *Vergröſserung* der Gegenstände, 2) eine bedeutende *Lichtstärke* derselben und 3) *Schärfe* und *Deutlichkeit* der einzelnen Theile der Gegenstände, die man durch das Instrument betrachtet. Von den ersten beiden ist bereits oben das Vorzüglichste gesagt worden. Hier wollen wir nur, zur Vergleichung mit andern Instrumenten, die Vergröſserungen ei-

1 S. Art. *Linsenglas* Bd. VI. S. 410.

niger der vorzüglichsten neuern Mikroskope anführen, wie sie v. Jacquin durch seine Messungen nach der oben von ihm gegebenen Methode mit den Sömmering'schen Spiegeln gefunden hat. Die Vergröſserungszahlen m der folgenden Tafel beziehn sich durchaus nur auf den *Durchmesser* der Gegenstände, nicht auf ihre Oberfläche.

Mikroskop	Ocular	Objectiv	Vergröſserung
A	I	1	27
		2	40
		3	60
		4	90
	II	1	30
		2	60
		3	110
		4	120
	III	1	45
		2	90
		3	150
		4	225
B	I	1	25
		2	50
		3	67
		4	90
	II	1	45
		2	70
		3	120
		4	150
C	Nur ein Ocular	1	30
		2	120
		3	150
		4	270
D	I	1	15
		2	30
		3	40
		4	60
		5	90
		6	150
	II	1	30
		2	37
		3	60
		4	90
		5	150
		6	240
	I u. II	6	300
E	Nur ein Ocular	1	12
		2	30
		3	50
		4	90
F	I	1	18
		2	25
		3	60
		4	90
	II	1	30
		2	37
		3	90
		4	120
G	I	1	12
		2	17
		3	26
		4	40
		5	55
		6	70
	II	1	15
		2	22
		3	36
		4	45
		5	60
		6	82
	III	1	30
		2	32
		3	60
		4	75
		5	105
		6	120
H	Nur ein Ocular	1	20
		2	30
		3	39
		4	45
		5	60
		6	240

Mikroskop	Ocular	Objectiv	Vergrösserung
I	Nur ein Ocular	1	18
		2	18
		3	27
		4	37
		5	60
		6	90
K	I	Nur ein Objectiv	30
	II		45
	III		120
	IV		150
	V		180
	VI		240

Mikroskop	Ocular	Objectiv	Vergrösserung
L	I	Nur ein Objectiv	30
	II		45
	III		75
	IV		240
	V		330
	VI		540
M	I	Nur ein Objectiv	30
	II		60
	III		75
	IV		150

Von den in dieser Tafel aufgezählten Instrumenten ist

A ein älteres Mikroskop von Plössl
B — — — — demselben
C — — — — demselben
D ein neueres von demselben
E — — — Voigtländer
F — — — Fraunhofer
G — — — Fraunhofer
H — — — Ramsden
I — — — Adams
K ein Spiegelmikroskop von Amici
L — — — Amici
M — — — Plössl nach Amici.

Ich wünschte, auch über die zweite Eigenschaft, die *Lichtstärke*, solche Vergleichungen beibringen zu können. Allein man findet darüber nur wenig Brauchbares, auch fehlt das gemeinschaftliche Mafs zu dieser Vergleichung. Desto wünschenswerther wäre eine genaue Bestimmung der dritten Eigenschaft oder der *Schärfe* und Bestimmtheit, mit welcher man durch das Mikroskop die Gegenstände sieht. Allein auch hier lassen sich gleichsam nur unmittelbare Vergleichungen anstellen, indem man denselben Gegenstand unter gleichen äufseren Verhältnissen mit mehrern Mikroskopen zu derselben Zeit beobachtet. Allezeit aber wird es nothwendig seyn, zu erinnern, dafs diese dritte Eigenschaft, so selten sie auch bei den Mikroskopen erwähnt werden mag, eigentlich die vor-

züglichste von allen ist. Man sagt nur immer, dafs dieses Mikroskop so viel mehr vergröfsert oder die Gegenstände so viel heller zeigt, als ein anderes, aber man bemerkt nicht, ob und wie vielmal klarer und deutlicher die Gegenstände dadurch erscheinen, als durch jedes andere. Man begnügt sich, die Objecte grofs zu sehn, ohne zu berücksichtigen, ob man sie auch schärfer, genauer und bestimmter sieht. Der Laie jubelt über den elephantengrofsen Flohschatten eines alten Sonnenmikroskops, während der Kenner in einem Mikroskope von Fraunhofer oder Plössl mit einer Vergröfserung von nur 20mal schon Erscheinungen in der Gestalt und dem Baue dieses Insects erblickt, die er in jenem grofsen Schattenbilde nie erblickt haben würde; denn undeutlich sehn und gar nicht sehn läuft bei mikroskopischen Untersuchungen beinahe auf eins hinaus und dasselbe kann man auch mit demselben Rechte von den Beobachtungen mit Fernröhren sagen.

Es wäre zu wünschen, dafs man diese *Schärfe* der Mikroskope, die Herschel bei Fernröhren die *raumdurchdringende Kraft* nennt, durch ähnliche Mittel so genau bestimmen könnte, wie man dieses, nach dem Vorhergehenden, mit der Vergröfserung dieser Instrumente allerdings zu thun im Stande ist. Allein diese Mittel sind uns noch unbekannt und werden es wahrscheinlich immer bleiben. Wir werden zum Schlusse dieses Artikels wieder auf diesen Gegenstand zurückkommen und wollen hier nur noch einige, in der Ausübung nicht unwichtige Bemerkungen über den Gebrauch des Mikroskops mittheilen.

Es ist für sich klar, dafs beim *Einlegen* des Gegenstandes auf das Objecttischchen dasselbe genau in die Axe des Mikroskops gestellt werden müsse. Zu diesem Zwecke ist es gut, zuerst eine schwache Vergröfserung aufzustecken, wo dieses Einlegen des Objects keine Schwierigkeiten hat, und dann bei unverrückter Lage des Objects die stärkeren Vergröfserungen aufzuschrauben. Die Rectificationsschrauben des Objecttischchens leisten dabei gute Dienste, da man mittelst ihrer Hülfe dieses Tischchen, und also auch das Object, nach allen Richtungen sanft und sicher bewegen kann. Wenn man bei starken Vergröfserungen schon sehr nahe daran ist, das Object deutlich zu sehn, so mufs die noch übrige Annäherung desselben an das Objectiv sehr langsam und leise geschehn,

weil man sonst beide aneinander drücken und daher leicht zerbrechen oder beschädigen kann. Diese langsame Bewegung ist auch deswegen nothwendig, weil man sonst die wahre Entfernung des Gegenstandes von dem Objective leicht überspringt und so vergebens wieder zurückschrauben muſs. Je stärker übrigens die Vergröſserung, desto gröſser ist auch der Einfluſs der gröſsern oder geringern Kurzsichtigkeit des Auges auf jene Entfernung, daher jeder Beobachter sein Mikroskop sich selbst, seinem Auge gemäſs, einstellen muſs.

Von der *Beleuchtung* der Gegenstände haben wir bereits oben gesprochen. Das Kerzen- oder Lampenlicht bei Nacht oder in einem verfinsterten Zimmer wird man dem Tageslichte oder dem der unmittelbaren Sonnenstrahlen in den meisten Fällen vorziehn. Oft aber gewährt bei Tage das reflectirte Licht weiſser Wolken oder das einer nicht direct von der Sonne beschienenen, weiſsen Mauer eine ebenfalls recht vortheilhafte Beleuchtung. Das Ocular übrigens muſs stets vor allem grellen Lichte beschützt werden.

Un einen Gegenstand vollständig und in allen seinen Theilen genau kennen zu lernen, wird man ihn zuerst unter die schwächeren Vergröſserungen bringen, wo man ihn ganz oder doch gröſstentheils übersehn und den Zusammenhang dieser seiner Theile auffassen kann. Eine Aenderung der Beleuchtung (durch eine sanfte Bewegung des Reflexionsspiegels oder der Sammellinse) während der Beobachtung läſst den Gegenstand oft in einer ganz andern Gestalt erscheinen, daher man die vortheilhafteste unter allen aufsuchen wird.

Bei der Untersuchung von Flüssigkeiten soll das Objecttischchen zuerst nahe horizontal gestellt werden, was durch die drei untersten Schrauben des Fuſsgestelles bewirkt werden kann. Es ist nicht nöthig, dazu eine Libelle oder Wasserwaage zu gebrauchen, da das Instrument selbst ein viel genaueres Mittel zu dieser Horizontalstellung des Tischchens anbietet. Man legt nämlich auf die ebene Glasplatte, auf welche dann die Flüssigkeit aufgetragen werden soll, zuerst ein Blättchen Stanniol oder gefärbtes Papier und sieht zu, ob man dasselbe immer gleich deutlich sieht, während man es, durch die Bewegung des Tischchens, über das ganze Feld des Mikroskops hinführt.

Ueber die *Zubereitung der Objecte* zu mikroskopischen Untersuchungen lassen sich wohl nicht leicht allgemeine Vorschriften aufstellen. Je kleinere Theile man von dem zu untersuchenden Gegenstande durch Hülfe eines scharfen Messers u. dgl. ablösen, je feinere Blättchen man von demselben abschneiden kann, desto besser wird man die Structur dieser Theile sehn können. Auch ist es nöthig, z. B. bei der Untersuchung der verschiedenen Holzarten oder der festen Theile der thierischen Körper, diese Blättchen in verschiedenen Richtungen von dem Körper abzusondern. So zubereitete Gegenstände werden dann auf die obere Seite der ebenen Glasplatte gelegt, die in das Objecttischchen eingeklemmt wird. Sie zwischen zwei solche Glasplatten zu legen ist nicht vortheilhaft, weil die obere Platte den unter ihr liegenden Gegenstand weniger deutlich erkennen läfst und ihn oft sogar verzerrt. Die Künstler pflegen wohl ihren Instrumenten solche kleine Gegenstände in Schiebern zwischen zwei Glasplatten beizulegen, um diese Gegenstände vor äufsern Verletzungen zu bewahren, aber diese Dinge gehören nur für diejenigen, die sich mit diesen Instrumenten angenehm unterhalten wollen, während der eigentliche Beobachter die Gegenstände, die er kennen lernen will, nicht zuvor absichtlich bedecken oder entstellen lassen darf. Allein dieselben von den Künstlern beigefügten Objecte könnten zu einem andern Zweck sehr vortheilhaft benutzt werden, wenn nämlich diese Künstler sich dahin vereinigen wollten, allezeit dieselben Objecte in ihren Schiebern einzulegen. Dieses würde nämlich das bereits oben erwähnte Mittel geben, die Schärfe oder Klarheit der verschiedenen Mikroskope unter einander zu vergleichen. Solche constante Probeobjecte würden uns lehren, was man an einem und demselben Objecte mit verschiedenen Mikroskopen, bei gleicher Vergröfserung, noch zu sehn im Stande ist. Zu solchen Probeobjecten schlägt v. Jacquin in der oben erwähnten, viele treffliche praktische Bemerkungen enthaltenden Abhandlung vorzugsweise folgende vor:

1) Flügel der gemeinen Hausfliege (*musca domestica*); 2) der gemeinen Mücke oder Gelse (*culex pipiens*); 3) Haare von Menschen oder besser von dem Rücken einer Haus- oder Feldmaus; 4) Schuppen von dem Flügel eines gemeinen weifsen Schmetterlings (*papilio crataegi* oder *brassicae*); 5) dieselben

von der gemeinen Pelz- oder Kleidermotte (*tinea pellionella* oder *sarcitella*) und 6) einzelne Schuppen von dem Brilliantkäfer (*curculio imperialis*). Als undurchsichtige Objecte führt er zu demselben Zwecke an: 1) ein kleines Stück des Flügels von dem *Papilio Crataegi*; 2) von *Papilio Menelaus*; 3) ein sehr dünnes Scheibchen eines Stängels von türkischem Weizen (*Zea Mays*) oder von Hollundermark und 4) ein kleines Stück einer Flügeldecke des erwähnten Brilliantkäfers.

So erkennt man z. B. bei den Fliegenflügeln in einem guten Mikroskope bei einer Vergröfserung von 15 bis 20 bereits die Randhaare, mit einer Vergröfserung von 60 bis 100 erkennt man die Insertion dieser Haare in den Rand des Flügels und die zwiebelähnliche Basis derselben, mit einer Vergröfserung von 200 bis 240 endlich sieht man diese Haare schon als hohle, gestielte Körper. Andere angemessene Beispiele führt v. Jacquin[1] von Menschen- und Mäusehaaren, von den obersten Schuppen oder dem sogenannten Staub der Flügel der Lepidopteren an, besonders des *Papilio Menelaus* und *Crataegi*. Für stark vergröfsernde Mikroskope sind als Prüfungsobjecte die feinen Linien und Schuppen der Kleidermotten vorzüglich geschickt, da man sie nur bei einer Vergröfserung von 300 bis 400 und bei der höchsten Lichtstärke in unsern besten zusammengesetzten Mikroskopen deutlich sieht, obschon man, auffallend genug, sie durch sehr gut gearbeitete einfache mikroskopische Linsen von sehr kurzer Brennweite leichter bemerkt, als mit jenen zusammengesetzten Mikroskopen. Von Jacquin sah diese Linien und Streifen der Kleidermotte durch einzelne Linsen von 200-, 100- und selbst schon von 60maliger Vergröfserung bereits sehr deutlich und besser, als durch alle bisher verfertigte zusammengesetzte Mikroskope mit achromatischen Objectivlinsen, selbst wenn man bei den letzten eine Vergröfserung von 240 anwendet. Alle frühere ihm zu Gesichte gekommene Mikroskope von Fraunhofer zeigten von diesen Streifen nicht einmal eine Spur. Die katadioptrischen Mikroskope Amici's aber geben bei Vergröfserungen von 120 bis 240 diese Linien wenigstens so deutlich zu erkennen, als es der bekannte Lichtmangel dieser Instrumente zuläfst. Nicht so mit den gröfsern Mi-

1 Wiener Zeitschrift. Th. V. S. 137.

kroskopen von Plössl, in welchen diese Streifen alle mit wahrhaft überraschender Klarheit erscheinen, und, was vorzüglich bemerkt zu werden verdient, nicht die Vergröfserung, die man bei diesen Plössl'schen Mikroskopen anwendet, ist es, die über die gröfsere oder geringere Klarheit, mit welcher jene Streifen erscheinen, entscheidet, sondern die glückliche Combination der über einander aufgeschraubten Objective. Ein einfaches Objectiv liefs bei 90maliger Vergröfserung von diesen Streifen noch nichts erscheinen; die Verbindung zweier Objective, bei einer Vergröfserung von nur 72, liefs sie bereits gut erkennen und die Combination von drei Objectiven endlich, bei einer Vergröfserung von 80, zeigte sie mit auffallender Klarheit. Diese Verbindung mehrerer achromatischen Objective zu einem einzigen mufs daher als einer der wesentlichsten Fortschritte der neueren Mikroskopik angesehn werden und er ist, wie beinahe alles, was bisher in der Optik auf praktischem Wege gefunden wurde, durch ein glückliches, ohne Zweifel auch geniales, Tatonnement[1], durch Zufall gefunden worden, an welchem die Theorie so wenig Antheil hat, dafs sie bisher nicht einmal im Stande gewesen ist, die Ursache des glänzenden Erfolgs, den dieser, wenn man will, blinde Zufall gehabt hat, auch nach der bereits geschehenen Entdeckung derselben, nachweisen zu können. So finden wir demnach auf eine sonderbare Weise das Verhältnifs der Theorie gegen die Ausübung der Optik in unseren Tagen, wenigstens in Beziehung auf den hier in Rede stehenden Theil dieser Wissenschaft, ganz dasselbe, welches zur Zeit der ersten Entstehung dieser Wissenschaft, zu Ende des 16. Jahrhunderts, statt gehabt hat. Die *erste Entdeckung* des Fernrohrs und dadurch auch des Mikroskops, das jenem in wenig Jahren folgte, verdanken wir ebenfalls einem blinden, aber für uns höchst glücklichen Zufall und zwar, wenn die Erzählung der ersten Geschichtschreiber dieser Erfindung bewährt ist, dem zweck- und ahnungslosen Spiele der Kinder eines Brillenmachers in Holland. Ein Stück Kieselerde mit Pottasche vermischt, zu-

1 Es erinnert diese, wie die Geschichte so mancher anderen Entdeckung, an den schönen und schwer zu übersetzenden Ausdruck des alten Griechen: *Οὐ τύχης, οὐκ ἀρετῆς, ἀλλ' ἀρετῆς εὐτυχομένης.* Denn nicht Jedem haben es die Götter gegönnt, solche zufällige Glücksgriffe zu machen.

fällig in die Hände zweier Kinder gerathen, öffnete unseren Augen zwei neue, unbekannte, wundervolle Welten. Aber diese Entdeckung, vielleicht die glänzendste, deren der Mensch sich rühmen kann, war beinahe ein ganzes Jahrhundert schon gemacht und selbst auf das Mannigfaltigste auf die Gegenstände jener beiden Welten angewendet, und noch konnte sich der menschliche Geist von den innern theoretischen Gründen der Erscheinungen, welche ihm diese Instrumente darboten, keine genügende Rechenschaft geben, obschon es nicht an Männern von hoher geistiger Kraft, wie Kepler u. A., mangelte, welche sich mit diesem in so hohem Grade interessanten Gegenstande beschäftigten und ihn durch Hülfe der Geometrie zu ergründen suchten. Auch möchte es, welche hohe Idee man auch von der geistigen Stärke des Menschen hegen mag, wohl unmöglich seyn, blofs auf dem Wege der theoretischen Speculationen Entdeckungen solcher Art zu machen. Dieses war auch die Ansicht des grofsen Huyghens, der selbst so wesentliche Beiträge zur Verbesserung dieser Instrumente geliefert hat und dem wir auch die erste genauere Erklärung der Wirkungen des Fernrohrs verdanken. In seiner Dioptrik[1], wo er uns die wahre Erklärung jener wunderbaren Erscheinungen mittheilt, drückt er sich über diesen Gegenstand auf folgende Weise aus: *Si quis tanta industria exstitisset, ut ex naturae et geometriae principiis Telescopium eruere potuisset, eum ego supra mortalium sortem ingenio valuisse dicendum crederem. Sed hoc tam longe abest, ut fortuito reperti artificii rationem non adhuc satis explicare potuerint viri doctissimi.*

Da optische Gegenstände bereits so oft in diesem Werke erwähnt worden sind, so wird eine, vorzüglich auf den gegenwärtigen Artikel sich beziehende, kurze Uebersicht der Literatur dieses Zweiges der physikalischen Wissenschaften hier nicht am unrechten Orte seyn.

Adams, George, Essays on the Microscope. Lond. 1787.
— — Essay on Vision. Lond. 1789. Deutsch von Kries. Gotha 1794.
Adams (des Vaters) Micrographia illustrata or the microscope explained. Lond. 1746 und 1781.

1 Hugenii opera posthuma. Lugd. Bat. 1703.

Aepinus, über ein neues achrom. Mikroskop. Mem. Petrop. Vol. II. et IX.

d'Alembert, s. Opuscules mathématiques und Mém. de Paris. 1764, 1765 und 1767.

Baker, the microscope made easy. Lond. 1743 und 1753. Deutsch in Zürich 1753 und 1756.

— — über Leeuwenhoek's Mikroskope. Philos. Transact. 1740.

Barrow, lectiones opticae et geom. Lond. 1674 et 1669.

Biot, Traité de physique expérimentale et mathématique. (Die optische Abtheilung.) Par. 1816. Ein Auszug daraus von dem Verf. besorgt und Deutsch von Fechner. Leipz. 1824. IV Voll.

Boscovich, dissertationes quinque ad dioptr. pertinentes. Bassano 1785 et Viennae 1768. Ejusdem Opera ad opt. et astr. pertinentia. Vened. 1785. Dessen opt. Memoiren in den Mem. Bonon. Voll. V.

Bouguer, Essai d'Optique. Par. 1729 und 1760. Mém. Par. 1726, 1755 und 1757.

Brander, Beschr. zusammenges. Mikroskope. Augsburg 1769.

Brougham, opt. Abhandl. in Phil. Trans. 1796 und 1797.

Butterfield, über Mikroskope mit sehr kleinen Glaskugeln. Phil. Transact. 1678.

Campani, über Verbess. der opt. Gläser. Phil. Transact. 1665.

Cassini, Jac., opt. Abhdlungen in den Mém. Par. 1700, 1710 und 1747.

Clairaut, opt. Abhandlungen Phil. Transact. 1754. Mém. Par. 1739, 1756, 1757 und 1762.

Coddington, treatise on Optics. Cambridge 1823.

Descartes, Dioptrique et géométrie. Par. 1637 und dessen opera philos. Amsterd. 1644, 1656, 1677 u. 1692.

Dollond, John, opt. Abhandlungen. Phil. Transact. 1753 u. 1758.

Euler, Leonh., Dioptrica. 3 Voll. 4. Petrop. 1769 und opt. Abhdlgen in Mem. Petrop., Berol. und Paris. zerstreut.

Fraunhofer, opt. Abhdlgen. München 1816. und in Schumacher's astronom. Abhandlungen. 1829.

Fresnel, opt. Abhandlungen in Mém. de Paris. Vol. VII. et passim.

Fuss, instruction detaillée etc. Petersb. 1774; deutsch von Klügel. Leipz. 1778.

Gmelin, über zusammenges. Mikroskope. Phil. Trans. 1745.

Gregori, Jac., optica promota. Lond. 1663.

— —, Dav., Catoptr. et Dioptr. elementa. Oxon. 1695, 1715, 1735.

Hadley, dioptr. Abhandlungen. Phil. Transact. 1737.

Hartsoecker, über sehr grofse Objective. Miscell. Berol. Vol. I.

Hennert, dissertation sur la perfection des lunettes. Berl. 1772.

Herschel, dioptr. Abhandlungen. Phil. Tr. 1782, 1795, 1800, 1801, 1803.

Herschel jun., on the aberrat. of compound lenses. Phil. Trans. 1821.

— — On light. Lond. 1830 und in der Encycl. metropol. Lond. 1828.

la Hire, opt. Abhandlungen. Mém. Par. Vol. IX. X. und die Jahre 1699, 1702, 1709 und 1710.

Hooke, Micrographia. Lond. 1665.

Huyghens, tractatus de lumine. Lugd. Bat. 1691.

— — Dioptrica in Hugenii op. posthuma. Lugd. Bat. 1703.

— — dioptr. Abhandlungen in Mém. Par. Vol. I et X. und Jahr 1715.

Jacquin, über Mikroskope. Baumgartner's Zeitschrift Bd. IV. und V.

Jeaurat, opt. Abhandlungen. Mém. Par. 1770. 1779.

Kaestner, opt. Abhandlungen. Comment. Götting. Vol. I., VII. et VIII.

Karsten, Lehrbegriff der Mathematik (optischer Theil). Greifswalde.

— — Erste Gründe der Photometrie. Abhandlungen der bair. Akad. Bd. IX.

Kepler, paralipomena ad Vitellionem. Aug. Vindel. 1604.

— — Dioptrice. Aug. Vindel. 1611.

Klügel, analyt. Dioptrik. Leipz. 1778.

— — dioptr. Abhandlungen. Comment. Gott. Vol. XIII.

Kraft, dioptr. Elemente für achrom. Objective zu Mikroskopen.

— — Mem. Petrop. Vol. III. V. VII. XII.

Lacaille, Leçons d'Optique. Par. 1756. 1802. Deutsch Altona 1757.

Lambert, dioptr. Abhandlungen. Mém. Berl. 1771.

Langsdorf, Grundlehren der Photometrie oder der optischen Wissenschaften. Erlangen 1803. 2 Voll. 8.

Lieberkühn, über anatomische Mikroskope. Mém. Berl. 1745.

Littrow, Dioptrik. Wien 1830. Dioptr. Abhandlungen in Baumg. Zeitschrift für Physik. Bd. IV u. V.

Malus, opt. Abhandlungen im Journal de l'école polyt. Vol. VII.

— — Mém. présentés. Vol. II. Par. 1811.

— — Théorie de la double réfraction. Par. 1810.

Newton, Optics. Lond. 1704, 18, 21, 30 u. 42. Latein. von Clarke. Lond. 1706 u. 19. Französisch Amst. 1720. Par. 1722, 87 u. s. w. Opt. Abhandlungen. Phil. Trans. 1661, 72, 73, 75, 76.

Oriani, dioptr. Abhandlungen. Mem. della Soc. Italiana. Vol. III.

Prechtl, pract. Dioptrik. Wien 1828.

Priestley, history of the discovery etc. Lond. 1772. Deutsch von Klügel. Leipzig 1776.

Ramsden, dioptr. Abhandlungen. Phil. Tr. 1783.

Santini, Teorica degli stromenti ottici. II Voll. Padua 1828.

Short, dioptr. Abhandlungen. Phil. Trans. 1749. 1769.

Stile, über die Mikroskope von Torre. Phil. Tr. 1765.

Smith, dioptr. Abhandlungen. Phil. Trans. 1740.

— — a complet System of optics. Cambridge 1738. Deutsch von Kästner. Altenburg 1755. Französ. Par. 1767. 1783.

Wilson, James, über Mikroskope. Phil. Transact. 1702.

Young, opt. Abhandlungen. Phil. Trans. 1800, 1801, 1802. Transact. of the Irish Acad. Vol. IV.

Zeiher, über das Sonnenmikroskop. Novi Comment. Petrop. Vol. X.

Da sich unter den neueren zusammengesetzten Mikroskopen diejenigen, welche der berühmte Optiker Plössl in Wien verfertigt, vorzüglich auszeichnen, so theilen wir hier, zum Schlusse des Gegenstandes, die nähere Beschreibung und Zeichnung derselben mit, wie wir sie von der gefälligen Freundschaft des Prof. Berres in Wien erhalten haben. Die gröſste Gattung dieser Mikroskope besitzt einen durch ein Triebwerk a gegen den feststehenden Objecttisch b b beweglichen Körper c c, auf dem zusammen zu legenden Dreifuſse d d d, mit einem Winkelgelenke e, um denselben nach Willkür horizontal oder in jedem beliebigen Winkel schief stellen und zum Zeichnen der Objecte benutzen zu können. Diesem Instrumente sind beigegeben zwei Oculare (mit 1 und 3 bezeichnet), aus

Fig. 307.

einer einfachen Linse und einem Collectivglase bestehend; dann ein drittes ähnliches Ocular, mit No. 2. bezeichnet, das mit einem Fadenkreuze zur Messung der Gegenstände versehn ist; ein viertes Ocular, um die Vergröfserung mit verhältnifsmäfsigem Verluste an Lichtstärke bis auf 1000- bis 1500mal steigern zu können; ferner ein aplanatisches Ocular aus zwei achromatischen Linsen mit schwacher Vergröfserung von 19- bis 90mal, je nachdem man Objecte benutzt, um besonders opake Gegenstände mit höchster Schärfe zu sehn, und endlich sechs achromatische aplanatische Objectivlinsen, die übereinander geschraubt werden können, um die Vergröfserung nach dem Bedürfnifs des Beobachters zu verstärken.

Das Objecttischchen bb mit vorn geöffneten Federklammern für Objectträger und Glastafeln aller Art ist mit einem Drucker f zum Oeffnen von unten und mit zwei diagonal stehenden Stellschrauben g, h versehen, um dadurch das Object durch alle Puncte des Sehfeldes führen zu können.

An derselben Säule, welche das eigentliche Mikroskop und das Objecttischchen trägt, ist auch ein concaver Reflexionsspiegel k von Glas angebracht, der eine doppelte Bewegung zur transparenten Beleuchtung hat; ferner eine schwarze Rückseite und ein sphärisches Beleuchtungsprisma l nach Selligue mit Bewegung zur Illumination opaker Gegenstände; eine grofse Lichtverstärkungslinse m auf besonderem Fufse und gefedertem Schieber zur Verstärkung der Beleuchtung bei stärkerer Vergröfserung sowohl opaker als auch transparenter Gegenstände, und endlich ein concaves Glas in Messing gefafst, zum Drehen, für Flüssigkeiten, ein Insectenglas in messingener Fassung und eine Objectnadel zum Aufstecken kleiner Gegenstände.

Zur Vervollständigung dieses mikroskopischen Apparats ist ferner beigegeben: eine messingene Wilson'sche Loupe, eine Pincette, zwei auf Glas getheilte Mikrometer mit Theilungen der Wiener Duodecimallinien in 30 und 60 Theile (oder des Millimeters in 20 und 50 Theile), in elfenbeinerner Kapsel, mit einem dazu gehörenden Ringe von Messing, zum Einlegen in das Objecttischchen, und endlich eine Vorrichtung zum Messen der Objecte bis auf 0,00001 Wiener Zoll (linear) mittelst Mikrometerschraube nach Fraunhofer.

Die Vergröfserungen mit vollständiger Klarheit und Schärfe gehn von 18- bis 500mal linear oder von 324- bis 250000-mal in der Fläche. Die stärkste, jedoch mit verhältnifsmäfsiger Lichtverminderung mit diesem Instrumente zu erreichende Vergröfserung ist 1500mal linear oder 2250000mal in der Fläche und kann nur bei transparenten Gegenständen angewendet werden, wo das Licht durch die Verstärkungslinsen und den Reflexionsspiegel concentrirt auf den vorliegenden Gegenstand einwirkt.

Um die lineare Dimension eines opaken oder transparenten Gegenstandes mit dem sinnreichen und leicht zu behandelnden Schraubenmikrometer zu messen, ist vor allem nöthig, dafs man den Werth eines Umgangs der Mikrometerschraube kenne und sich den Stand des Mikrometers notire. Ist dieses geschehn, so bringt man den zu messenden Gegenstand unter das Mikroskop, steckt das mit dem Fadenkreuz versehene Ocular so auf, dafs der eine Faden mit dem Gange des Mikrometers parallel läuft, und schneidet mit dem andern Faden die eine Seite des zu messenden Gegenstandes. Dann dreht man, während des Durchsehens, die Mikrometerschraube so lange fort, bis der Faden die andere Seite des Gegenstandes erreicht, und bemerkt endlich, durch wie viele Theile die Mikrometerschraube gedreht worden ist.

Gesetzt der Gegenstand habe 19 Theile der Mikrometerschraube und 3 Theile des Verniers eingenommen, so wird das Object $\frac{193}{100000}$ eines Wiener Zolls im Durchmesser haben, da die Mikrometerschraube mit Hülfe des Verniers den W. Zoll in 100000 Theile theilt.

Ebenso zweckmäfsig sind die dem Mikroskope beigegebenen Lichtverstärkungs-Apparate. Die grofse Lichtverstärkungslinse ist durch den gefederten Schieber leicht zu handhaben und wird ebensowohl zur Beleuchtung des Objectträgers und des darauf gebrachten Bildchens, als auch zur Concentration des Lichtes auf dem Hohlspiegel benutzt. Das starke, auf allseitig beweglichen Armen befestigte Prisma aber dient zur schärferen Beleuchtung opaker Gegenstände. Dieser Lichtverstärkungs- und Leitungsapparat wird auf dreifache Art zur Erreichung des vorgestellten Ziels benutzt.

Sind opake Gegenstände in verticaler Stellung des Instruments mit grellem Lichte zu beleuchten, so stellt man die Lichtverstärkungslinse unmittelbar vor die Flamme und giebt derselben eine solche Richtung, daſs sie das Prisma vorherrschend mit Licht umgebe. Das in dem Vorderfuſse des Mikroskops festgestellte Prisma selbst wird nun mit seiner ebenen Fläche nach aufwärts und gegen den Körper des Instruments so schräg gestellt, daſs die hier ankommenden Lichtstrahlen gebrochen und concentrirt nach abwärts und zwar auf das vorliegende Object geworfen werden.

Bei horizontaler Stellung des Körpers des Mikroskops, wie man diese zur Abzeichnung der opaken Gegenstände benutzt, wird das Prisma beseitigt und der Lichtverstärkungslinse eine solche Stellung zwischen der Flamme der Lampe und dem Objecttischchen gegeben, daſs durch die nun concentrirten Lichtstrahlen der Gegenstand recht starke Beleuchtung erhält.

Werden endlich transparente Gegenstände untersucht, so muſs dem Instrumente die senkrechte und der Lichtverstärkungslinse die im ersten Falle angeführte Stellung vor dem Lichte, dem Hohlspiegel aber eine solche Richtung gegeben werden, daſs durch seine Wirkung die gewünschte Beleuchtung des Gegenstandes von unten erreicht wird.

Der in allen seinen Theilen mit groſser Sorgfalt ausgeführte Bau des Instruments, das mit Präcision, ohne todten Gang angebrachte Triebwerk des Mikrometers, das nach allen Seiten bewegliche Piedestal und endlich das dem Instrumente erst in den letzten Zeiten beigegebene rechtwinklig gekrümmte Ocular mit einem in seinem Knie angebrachten Prisma tragen zur Vollendung des Ganzen und zum erhöhten Gebrauche des Instruments wesentlich bei. Dem Beobachter ist es auf diese Weise möglich gemacht, alle von ihm aufgefundene Formen, mit oder ohne den Sömmering'schen Spiegel, naturgetreu abzubilden und überhaupt jeden Gegenstand, sobald er mittelst der Federklammer an das Objecttischchen befestigt worden ist, in stehender oder sitzender Stellung des Körpers mit Ruhe und Umsicht zu untersuchen.

Bei dem Gebrauche dieses Mikroskops ist dem noch weniger Geübten anzurathen, die ersten Beobachtungen mit den Linsen 3 und 4 und mit dem aplanatischen Oculare vorzunehmen, denn diese optische Composition stellt den Gegen-

stand bei einer 55maligen Vergröſserung im Durchmesser mit hoher Klarheit dar und leistet bei gröſsern Gegenständen alles, was man nur von einer optischen Vorrichtung wünschen kann. Wenn aber die Gegenstände oder ihre einzelnen Theile so klein sind, daſs die erwähnte Vorgröſserung nicht mehr hinreicht, um sie allseitig und ganz klar zu erkennen, so wählt man zu der oben bezeichneten Linse das Ocular No. 1, wo dann die Gegenstände 110mal im Durchmesser vergröſsert und noch immer so deutlich dargestellt werden, daſs man ihre Eigenheiten scharf auffassen und darstellen kann. Stärkere Vergröſserungen bedürfen die opaken Gegenstände wohl nicht und Barnes konnte schon mit diesem Apparate die Gefäſsverzweigungen der Lunge, der Schilddrüse und des menschlichen Gehirns, die doch schon unter die zartesten Gegenstände gehören, ohne allen Anstand sehn und zeichnen. Das Ocular No. 2 mit den Objectivlinsen 1, 3, 4, auf einander geschraubt, giebt schon eine zu starke Vergröſserung für opake Objecte, als daſs man diese Vorrichtung den Mindergeübten anrathen könnte. Uebrigens sind diese und alle andere Vergröſserungen des Plöſsl'schen Mikroskops für transparente Gegenstände nicht allein anwendbar, sondern auch um so unerläſslicher, als man die Absicht verfolgt, die zartesten organischen Verhältnisse zu erspähen. Bei der Untersuchung der einfachsten Organisation wird man daher nicht allein die Linsen 4 und 5, wohl auch 6 in Verbindung mit dem Ocular No. 2, 3 oder wohl gar No. 4 benutzen, sondern auch den Hohlspiegel zur Beleuchtung der untern Seite der Gegenstände in Anwendung bringen müssen. Die Linsen 4, 5, 6 mit dem Ocular 3 vergröſsern dann 540mal, dieselben Linsen mit dem Ocular No. 4 vergröſsern 1500mal im Durchmesser. Man bemerke noch, daſs zu diesen Untersuchungen mit den stärksten Vergröſserungen nur die kleinsten Theile der Gegenstände und auch diese nur dann geeignet sind, wenn sie entweder so vielfach zerlegt oder doch so gepreſst worden sind, daſs sie von dem Lichte vollkommen durchdrungen und daſs ihre Einzelnheiten im ganzen Umfange erkannt werden können. Eine Uebung im Zergliedern der Gegenstände, selbst den kleinsten Theilchen nach, ist daher zur mikroskopischen Untersuchung der einfachsten Bildungsverhältnisse unerläſslich und eine nur etwas rohe Behandlung des Gegenstandes wird uns über die eigentliche Beschaffenheit seiner

Theile unbefriedigt lassen. Wenn eine Täuschung bei dem Gebrauche dieses vortrefflichen Instruments statt hat, so wird sie meistens nur aus dieser Quelle kommen, besonders wenn der Anfänger die stärksten Vergröſserungen sogleich anwendet. Eine ruhige, umsichtige Behandlung des Gegenstandes und des Instruments aber wird bald das Wahre von dem Scheinbaren unterscheiden lehren.

Wir fügen noch von diesen und den kleineren Mikroskopen, wie sie von Plössl verfertigt werden, die Preise in Conv.-Münze oder Augsburger Courant bei. Das so eben angeführte gröſste Instrument dieser Art kostet sammt seinem Kasten ohne Mikrometer 232 und mit demselben 322 Gulden; drei andere, stufenweise an Dimension und einzelnen Theilen des Apparats abnehmend, kosten 90, 80 und 40 Gulden; ein Sonnenmikroskop mit vollständigem Apparate 100 Gulden, eine Loupe nach Wilson mit Fassung aus zwei achromatischen Linsen bestehend 5 Gulden, eine aplanatische Loupe mit zwei achromatischen Linsen 5 bis 9 Gulden, ein botanisches Handmikroskop mit Lieberkühn'schen Spiegeln, Objectnadel, Pincette u. s. w. 5 bis 12 Gulden.

L.

Milchstraſse.

Via lactea, Galaxia; Voie lactée, Voie de lait; *the milky Way, Galaxy.* So nennt man den hellen, weiſslichen Streif, der sich rund um den Himmel erstreckt und in den an kenntlichen Sternen reichsten Gegenden gleichsam einen lichten Hintergrund bildet. Die Milchstraſse schneidet die Ekliptik bei den Füſsen der Zwillinge, geht dann nördlich durch den Perseus und die Cassiopeja zum Kopfe des Cepheus und zum Schwane, dann in zwei Arme getheilt durch den Fuchs, den Adler, den Sobieski'schen Schild nach dem Bogen des Schützen, und durch den Poniatowski'schen Stier und den Arm und Fuſs des Schlangenträgers nahe am Skorpione vorbei. Bei dem Sternbilde des Kreuzes kommt sie dem Südpole am nächsten, ist hier ziemlich schmal und geht so durch das Schiff und breiter werdend durch den vordern Theil des Einhorns gegen die Füſse der Zwillinge zu.

Sie bildet beinahe einen gröfsten Kreis der Kugel, ist aber an Breite sehr ungleich und von dem Schwane bis zum Schützen in zwei Arme getheilt. Ihr weifses Licht ist die Ursache ihres Namens.

Ueber die Meinungen der Alten sind in dem dem Plutarch zugeschriebenen Buche *placita philosophorum* allerlei irrige Meinungen angegeben, von Demokrit aber wird gesagt, dafs er sie schon als eine Sammlung unzähliger Sterne angesehn habe. Manilius führt aber diese Meinung in seinem *Astronomicon* an.

Sogleich nach Erfindung der Fernröhre erklärte Galilei mit Bestimmtheit die Milchstrafse für eine Vereinigung sehr zahlreicher kleiner Sterne[1]. Indefs konnten weder er noch seine Nachfolger in diesem zusammenfliefsenden Lichte zahlreicher Sterne überall die einzelnen Sterne erkennen; aber so wie schon das blofse Auge in der Gegend der Milchstrafse eine überwiegend grofse Zahl von Sternen erkennt, mehr als in andern Theilen des Himmels, so zeigen auch mäfsig gute Fernröhre hier einen vorzüglichen Reichthum an Sternen, die erst mit Hülfe von Fernröhren kenntlich werden. Herschel's Beobachtungen haben gezeigt, dafs dieses Auflösen in Sterne stufenweise immer vollständiger eintritt, je gröfser die raumdurchdringende Kraft des Fernrohrs wird, so dafs wir, wenn auch vielleicht an einzelnen Stellen der Milchstrafse wirkliche Nebelmassen seyn mögen[2], doch im Allgemeinen mit Recht sagen können, die Milchstrafse sey nichts anderes, als ein unzähliges Heer sehr entfernter Sterne, deren vereinter Glanz jenen weifsen Schimmer hervorbringt, obgleich die einzelnen Sterne kaum erst bei bedeutender Vergröfserung mit sehr lichtstarken Instrumenten erkannt werden können.

Kant[3] scheint der erste gewesen zu seyn, der in der Mitte des vorigen Jahrhunderts darauf aufmerksam machte, dafs

---

1 Nuncius sidereus, in den Opere di Galileo Galilei. Tomo IV. p. 331.

2 S. Art. *Nebelflecke*.

3 Allgemeine Naturgeschichte und Theorie des Himmels oder Versuch von der Verfassung und dem mechanischen Ursprunge des ganzen Weltgebäudes (zuerst 1755 herausgegeben). Vierte Aufl. Zeitz bei Webel 1808.

die um den ganzen Himmel gehende Milchstrafse uns eine nicht nach allen Seiten gleiche Austheilung der Sterne kennen lehre. Er bemerkt, dafs auch die in dem weifslichen Streife der Milchstrafse nicht begriffenen Sterne doch desto gedrängter stehn, je näher sie ihr sind, so dafs von den 2000 dem blofsen Auge sichtbaren Sternen der gröfste Theil in der Nähe der Milchstrafse gesehn werde. Er schliefst hieraus, dafs die Sterne alle nicht so gar weit von einer bestimmten Ebene entfernt sind, nach der Richtung dieser Ebene aber bis zu unermefslichen Räumen hinaus zerstreut liegen, indem nur so das wenig zahlreiche Erscheinen von Sternen in der Richtung senkrecht auf die Milchstrafse in Vergleichung gegen die zahllosen Heere von Sternen in der Milchstrafse erklärt werden könne.

An diese Betrachtung knüpft schon Kant die Vermuthung, dafs die Nebelflecke ebensolche Systeme von Sternen sind, aber so weit von uns entfernt, dafs sie ihrer als unermefslich anzusehenden Gröfse ungeachtet nur unter einem so kleinen Sehwinkel erscheinen und daher uns nicht mehr einzelne Sterne zeigen können, wenn sie gleich uns durch den vereinigten Glanz ihrer unzähligen Sterne noch als Nebelflecke sichtbar bleiben.

Da unsere Sonne beinahe selbst in der Ebene der Milchstrafse liegt und da wir nach allen Richtungen um uns Sterne sehn, so gehört unsere Sonne mit zu diesem grofsen Sternsysteme; indefs liegt sie nicht genau in der Ebene, die wir als die Mitte dieses Systemes ansehn können, denn die Milchstrafse ist kein genauer gröfster Kreis am Himmel. Uebrigens ist aber auch die Austheilung der Sterne in dieser Sternschicht nicht gleichmäfsig, wie schon die Zertheilung der Milchstrafsen in zwei Arme uns zeigt und auch aus andern Umständen erhellt. Läge unsere Sonne sehr viel weiter von der Mitte dieser Schicht entfernt, so würde gegen den einen Pol der Milchstrafse hin der Himmel fast ganz sternenleer erscheinen, dagegen würden die Sterne in der andern Hälfte des Himmels gedrängter seyn, und wir müssen wohl annehmen, dafs es Sterne giebt, auf denen nach der einen Seite nur noch sehr zerstreute einzelne Sterne, darüber hinaus aber Nebelflecke oder vielmehr entfernte Sternsysteme wahrgenommen werden.

Aehnliche Betrachtungen hat auch LAMBERT[1] ausgesprochen, aber erst HERSCHEL hat durch Beobachtungen genauer gezeigt, wie richtig diese Ansichten ohne Zweifel sind. Von seinen Sternzählungen und seinen Versuchen, daraus die Gestalt des Sternsystems, worin wir uns befinden, anzugeben, ist bereits oben[2] geredet worden, wo auch das Unzureichende dieser Bestimmungen erwähnt ist. Später hat HERSCHEL selbst auf die ungleiche Austheilung der Sterne aufmerksam gemacht und seine Ueberzeugung ausgesprochen, dafs die Milchstrafse aus Sternen besteht, die auf eine ganz andere Weise zusammengeordnet sind, als die uns unmittelbar umgebenden.

Die Milchstrafse, obgleich sie einen nirgends unterbrochenen Ring um den Himmel bildet, ist doch keineswegs gleichförmig. Ihre Breite ist in einigen Gegenden (in der Gegend des Einhorns) nur 5 Grad, in andern 10 bis 16 Grad, ja in der Gegend des Antinous, wo sie in zwei Arme getrennt ist, gegen 22 Grad. Auch an Glanz zeigt sie sich ungleich, indem wir bei β des Schwans, bei γ und wieder bei ζ helle Stellen finden, eine grofse helle Stelle bei der Cassiopeja und mehrere, dagegen lichtschwache Stellen an der Schulter des Ophiuchos und an mehrern Orten. Ueber die ungleiche Austheilung der Sterne, welche die Ursache dieses ungleichen Glanzes ist, giebt die Untersuchung mit Teleskopen von ungleicher raumdurchdringenden Kraft nähere Bestimmungen. HERSCHEL ordnete seine Fernröhre durch Bedeckungen der Oeffnung so an, dafs sie doppelt, dreimal, viermal so tief, als das blofse Auge, eindringen mufsten, und so untersuchte er einzelne Gegenden der Milchstrafse. Der helle Fleck im Degengriff des Perseus ist vermuthlich ein hervorragender Theil der in der Milchstrafse sichtbaren Sternsysteme. In ihm erkennt man bei jeder Steigerung der raumdurchdringenden Kraft immer neue Sterne, und man hat daher Grund zu glauben, dafs sich hier Sterne, unter denen die nächsten in etwa 12 Siriusweiten liegen mögen, in ununterbrochener Folge bis zu 340 Siriusweiten und noch weiter an einander reihen. Auf ähnliche Art, wie hier gleichsam ein Ast der grofsen Samm-

---

1 Cosmologische Briefe über die Einrichtung des Weltbaues. Augsburg 1761.

2 S. Art. *Fixsterne*. Bd. IV. S. 326.

lung von Sternen sich gegen uns zu erstreckt, mögen auch andere hellere Theile der Milchstrafse abgesonderte Systeme oder Haufen bilden. Im Allgemeinen stehen in diesen Sternhaufen, die sich uns in der Milchstrafse in einigen Gegenden gedrängter zeigen, die Sterne wohl einander näher, als es bei den uns zunächst umgebenden Sternen der Fall ist, die durch sehr grofse Räume von einander getrennt sind. Dieser mindere Reichthum an Sternen oder die mindere Gedrängtheit derselben ist nach Herschel's Bemerkung nach einigen Richtungen hin noch auffallender[1], indem selbst in der Milchstrafse Stellen sind, wo zwar im äufsersten Hintergrunde eben der Reichthum von Sternen kenntlich ist, aber die geringe Anzahl gröfserer Sterne zu dem Gedanken Veranlassung giebt, dafs die näheren Gegenden hier arm an Sternen sind. Solche Unterbrechungen der in der Schicht der Milchstrafse so unendlich reich ausgestreuten Sterne zeigt uns auch der Zwischenraum zwischen den zwei Armen, in welche die Milchstrafse sich in der Gegend des Adlers und des Antinous theilt. Hier ist offenbar kein so weit sich ausdehnender Raum mit Sternsystemen erfüllt, statt dafs zu beiden Seiten sich eine so grofse Menge von Sternen zeigt. Und noch auffallender scheint dieses bei den in der Milchstrafse liegenden dunkeln Stellen, die man *die Kohlensäcke* nennt, der Fall zu seyn. Sie befinden sich in der Nähe des Kreuzes, eines nur in südlichen Gegenden sichtbaren Sternbildes, und zeichnen sich durch auffallende Dunkelheit aus; vermuthlich ist hier also, mitten zwischen den bis zu unendlichen Fernen an einander gereiheten Sternhaufen, ein fast ganz sternleerer Zwischenraum, der nur darum dunkel und um so auffallender abstechend erscheint, je glänzender die diese Zwischenräume umgebende Milchstrafse ist[2].

Horner[3] hat eine Abbildung der Licht-Abstufungen der Milchstrafse in der Gegend dieser dunkeln Flecke mitgetheilt, ich finde aber nicht, dafs er über die Ursache, warum diese Flecke so dunkel erscheinen, etwas angiebt. Er bemerkt, dafs die Milchstrafse bei dem gröfsten der schwarzen Flecke am

---

1 Herschel's sämmtl. Schriften. Th. I. S. 334.

2 Diese Meinung hat schon Lacaille geäufsert. Mém. de Paris pour 1755. p. 194.

3 V. Zach Mon. Corr. T. X. p. 220.

hellsten, weit heller als in der Gegend des Schwans ist. Auch über die Helligkeit der Magellanswolken oder Cap'schen Wolken, welche abgesonderte helle Flecke, gleichsam abgetrennte Stücke, der Milchstrafse sind, theilt er einige Bestimmungen mit; die gröfsere ist ungefähr so hell als die Milchstrafse an jener hellsten Stelle. Lacaille konnte in diesen Magellanischen Wolken mit seinem 14fufsigen Fernrohre keine Sterne entdecken[1].

Genauere Beobachtungen hat Dunlop mitgetheilt, welcher in Paramatta beobachtete. Er sagt, die kleine Wolke gleiche, mit blofsem Auge gesehn, ziemlich einer kleinen Cirruswolke, das Fernrohr aber zeige sie den hellern Theilen der Milchstrafse gleich, obgleich nicht so sehr ausgestattet mit allen Abstufungen kleiner Sterne; sie sey also vermuthlich ein vorzüglich schöner Theil derjenigen Nebulosität, aus welcher der entlegenere Theil der Milchstrafse besteht. Die grofse Wolke ist von unregelmäfsiger Gestalt und in Stücke zertheilt; die ganze Gegend des Himmels von der Carls-Eiche bis zu der grofsen Wolke ist nebelig. Diese grofse Wolke nimmt fast eine Stunde in gerader Aufsteigung und 1 bis 2 Grade in Abweichung ein; Streifen von ungleich hellem Nebel, in welchen eine Menge kleiner Nebel und Sterne zu unterscheiden sind, verbinden die am meisten hellen Theile dieser Lichtwolke. Beide Wolken hat Dunlop abgebildet und die einzelnen Nebel genau beschrieben, so wie er auch andere Theile der südlichen Gegenden der Milchstrafse in Abbildungen dargestellt hat. Höchst merkwürdig ist aber auch folgende Angabe über die Lage dieser Wolken. Keine von beiden ist an der Stelle, die Lacaille ihnen zueignet, und obgleich man hierbei nicht vergessen mufs, dafs Lacaille nur mit mittelmäfsigen Instrumenten arbeitete, so ist doch jetzt der Stern 30 des Dorado in starken, glänzenden Nebel eingehüllt und dem hellsten Theile der gröfsern Wolke so nahe, dafs man nicht einsieht, warum er dem Sterne einen Platz im Dorado und nicht vielmehr in der grofsen Wolke hätte anweisen sollen, wenn die Erscheinung so, wie sie jetzt ist, gewesen wäre. Ueber die schwarze Wolke an der Ostseite des Kreuzes bemerkt er, dafs die Dunkelheit durch einen Mangel an

---

1 Mém. de Paris II. 31. und 1755. p. 194.

Sternen hervorgebracht wird, indem sich blofs zwei oder drei Sterne siebenter Gröfse und sehr wenige achter und neunter Gröfse darin finden [1].

Herschel bringt die Bemerkung, dafs die Milchstrafse so ungleich an Licht sey und auch in ihr ein Hinstreben zur Bildung einzelner, getrennt stehender Sternhaufen sich zeige, mit dem Gedanken, dafs die Anziehung ein solches Bilden von Sternhaufen zur Folge haben mufs, in Verbindung und sieht dieses *Aufbrechen der Milchstrafse* als eine im Laufe der Jahrtausende mehr und mehr eintretende Veränderung an. Die Uebereinstimmung dieses Gedankens mit dem, was wir sonst von den Wirkungen der Anziehung wissen, ist klar, aber zu einiger Gewifsheit dürfen wir hier wohl nicht sobald zu gelangen hoffen, da in den uns deutlicher sichtbaren Sterngruppen, wie im Siebengestirn, uns keine Veränderungen kenntlich werden.

Ueber die Ausdehnung der Sternschicht, die sich in der Milchstrafse darstellt, hat Herschel aus frühern Beobachtungen einige Bestimmungen zu geben versucht; aber es ist gewifs, dafs sein 20fufsiges Teleskop, welches auf 900 Siriusfernen reicht, das Ende dieser hinter einander liegenden Sternsysteme nicht erreichte, und er selbst ist der Meinung, dafs sogar das 40fufsige, wenn es gleich unsern Blick bis auf 2300 Siriusweiten ausdehnt, doch ebenso unzureichend, um die äufserste Grenze der Milchstrafse zu erkennen, würde gefunden werden.

---

1 Diese Abh. von Dunlop (Catalogue of Nebulae and Clusters of Stars in the southern Hemisphere) in den Phil. Transact. for 1828. p. 113. ist auch für die Kenntnifs der Beschaffenheit der Nebel und Sternhaufen sehr wichtig. Die Abbildungen und Beschreibungen der beobachteten Gegenstände geben schöne neue Beispiele zu dem, was Herschel angegeben hat: Sternhaufen, die auflöslich sind und ein gegen die Mitte dichteres Gedränge von Sternen zeigen; auflösliche Nebelflecke oder Sternhaufen von unregelmäfsiger Gestalt; Nebelflecke, die in ihrer Mitte einen Stern haben oder die zwei Sterne anscheinend verbinden oder sonst in auffallender Verbindung stehen; Nebelflecke, die eine Reihenfolge bilden; Sterne, deren Anordnung so auffallend ist, dafs man geneigt wird, eine wahrhafte Verbindung zwischen ihnen vorauszusetzen; einen schönen runden Nebel von 5 Min. Durchmesser, in dessen genauer Mitte sich ein scheibenförmiger Kern von 15″ Durchmesser befindet, so als ob ein Planet mit einer sehr zarten Atmosphäre umgeben wäre, u. s. w.

So erscheint also das Sternsystem, in welchem unsere Sonne sich als ein ziemlich isolirt stehender Stern und in einer Gegend, wo die isolirten Sterne nicht so zahlreich als in andern Gegenden sind, befindet, als aus einer großen Menge von Sternhaufen zusammengesetzt und ebenso kann es nun wohl, wie Herschel vermuthet, unter den nicht zu unserer Milchstraße gehörigen, uns sichtbaren Sternhaufen mehrere geben, die an einander gereiht vielleicht wieder in eine solche Schicht geordnet, als eine andere Milchstraße bildend, mit einander zusammengehören, und so mag sich also, wenn wir nach der Analogie urtheilen, vielleicht selbst in dem uns einigermaßen sichtbaren Heere von nebligen Sternhaufen mehr als eine Milchstraße unsern Blicken darbieten.

B.

Mineralogie.

Oryktognosie; *Mineralogia;* Mineralogie; *Mineralogy.*

Derjenige Theil der Naturbeschreibung, der die Mineralien zum Gegenstande hat. Zu den Mineralien gehören alle auf der Erde vorkommende, gleichartige, unorganische Körper, sowohl einfache, als zusammengesetzte, sowohl feste, als flüssige, nebst denjenigen von untergegangenen Pflanzen oder Thieren herrührenden organischen, welche zwar eine organische Mischung, aber keinen organischen Bau mehr besitzen, wie Bernstein, Steinkohlen u. s. w. Luft und Wasser werden von vielen Mineralogen in das Gebiet ihrer Wissenschaft gezogen. Ungleichartige unorganische Körper, z. B. Granit, gehören als Ganze in das Gebiet der Geognosie und nur ihren einzelnen Gemengtheilen nach in das der Mineralogie. Ueberreste des organischen Reichs, die ihren organischen Bau beibehalten haben, sind Gegenstand der *Petrefactenkunde*, nicht der Mineralogie. Während die *Geologie* die Entstehungsweise der Mineralien betrachtet, lehrt die Mineralogie die geometrischen, physikalischen, chemischen und physiologischen Eigenschaften derselben. Sie zerfällt in den allgemeinen und den speciellen Theil. Ersterer begreift die Terminologie und die Classification. Die Terminologie handelt, ohne Berücksichtigung eines

einzelnen Minerals, die Eigenschaften der Mineralien im Allgemeinen ab, und zwar hinsichtlich der geometrischen den äufsern und innern Bau; hinsichtlich der physikalischen das specifische Gewicht, die Festigkeit und Flüssigkeit, die Härte und Weichheit, die Geschmeidigkeit, Biegsamkeit und Sprödigkeit, die Durchsichtigkeit, die Lichtbrechung, den Glanz, die Farbe, das Farbenspiel, die Phosphorescenz, die Wärmeleitung, die Elektricitätsleitung, die Elektricitätserregung, den Magnetismus u. s. w.; hinsichtlich der chemischen Eigenschaften das Verhalten im Feuer, gegen Luft, Wasser, Säuren u. s. w. und hinsichtlich der physiologischen den Geruch und Geschmack. Die Classification erörtert die verschiedenen Arten, die Mineralien einzutheilen. Entweder wird die Eintheilung nach den geometrischen, physikalischen und physiologischen Eigenschaften der Mineralien vorgenommen (sogenannte naturhistorische Eintheilung), oder nach ihrer chemischen Natur (chemische Eintheilung). Da übrigens jene Eigenschaften blofs eine Folge der chemischen Natur sind, nur dafs auch die Art, wie sich die kleinsten Theile vereinigt haben, einen gewissen Einflufs auf die Eigenschaften ausübt[1], so erscheint es schon aus diesem Grunde zweckmäfsiger, die chemische Natur, als Ursache der Eigenschaften, zum höchsten Eintheilungsprincip zu erheben, als die Eigenschaften, die ja nur das Secundäre sind[2]. In der speciellen Mineralogie werden die einzelnen Mineralien nach ihren Eigenschaften beschrieben, mit Angabe ihres Vorkommens und Fundortes.

Die Werner'sche Schule nimmt das Wort Mineralogie in einem weitern Sinne und begreift darunter: Oryktognosie (oder das, was man gewöhnlich Mineralogie nennt), mineralogische Chemie, Geognosie, mineralogische Geographie und ökonomische Mineralogie.

G.

---

1 Vergl. Bd. V. S. 1351.

2 Vergl. meine Abhandlung in v. Leonhard's Zeitschrift für Mineralogie. 1825. S. 322.

Mittag.

Mittagsgegend, Süden; *Meridies, Auster, Plaga meridionalis seu australis;* Midi, Sud; *South, Point of South.*

So nennt man im Allgemeinen diejenige Himmelsgegend, in welcher die Gestirne, aus unsern Gegenden betrachtet, ihren höchsten Stand über unserm Horizont erreichen. Genauer bezeichnet man durch diesen Ausdruck diejenige Hälfte des *Meridians*, in welcher das Zenith des Beobachters liegt und die von den beiden Weltpolen begrenzt wird, während die andere Hälfte des Meridians, in welcher das Nadir liegt, *Mitternacht* genannt wird.

Mittag oder *Mittagszeit* (*Meridies*, *Midi*, *Noon*) ist der Augenblick, wo die Sonne ihren höchsten Stand am Himmel hat, oder der Augenblick der *Culmination* der Sonne. Die Astronomen fangen ihre Tage mit dem Mittage an, in der bürgerlichen Rechnung aber beginnt der Tag schon mit der jenem Mittage vorhergehenden Mitternacht. Diese doppelte Zählung hat schon manche Irrung veranlaſst, aber da keine der beiden Parteien sich nach der andern bequemen will, so muſs man das Uebel eben bestehn lassen. Die französischen Astronomen haben zur Zeit der Revolution ihre Tage auch von Mitternacht angefangen, aber der neue Gebrauch hatte keinen Bestand. Um eine auf astronomische Weise gegebene Tagszeit in bürgerliche Zählung zu verwandeln, bemerke man bloſs, daſs die bürgerliche Rechnung immer um 12 Stunden *mehr* zählt als die astronomische. Wenn daher die astronomische Tagszeit von T Stunden gegeben ist, wo T von 0^h bis 24^h gezählt zu werden pflegt, wenn z. B. die T^{te} Stunde des 10. Septembers irgend eines Jahres gegeben und in bürgerliche Zeit zu verwandeln ist, so hat man, wenn T kleiner als 12 Uhr ist, in bürgerlicher Rechnung ebenfalls den 10. Sept. T Uhr und zwar *Abends;* ist aber T *gröſser* als 12 Uhr, so hat man dafür in bürgerlicher Rechnung den 11. Sept. um (T — 12) Uhr *Morgens* zu setzen. So ist

Astron. Rechnung		Bürgerl. Rechnung
10. Sept. 8 Uhr	....	10. Sept. 8 Uhr Abends,
10. Sept. 15 Uhr	....	11. Sept. 3 Uhr Morgens

und so fort in allen andern Fällen.

Noch unterscheidet man den wahren und den mittlern Mittag, wo sich jener auf die *wahre* und dieser auf die *mittlere Sonne* bezieht[1]. In der bürgerlichen Rechnung gebraucht man den wahren, in der astronomischen aber den mittlern Mittag, weil nur der mittlere, nicht aber auch der wahre Tag, immer eine und dieselbe Länge hat.

Mittagsfläche ist die Ebene des *Meridians*.

Mittagskreis ist die Peripherie des *Meridians*.

Mittagslinie ist die Durchschnittslinie der Mittagsfläche mit dem Horizonte. Sie ist der Durchschnitt des Meridians mit dem Horizonte. Die Kenntnifs derselben ist zu vielen Zwecken sehr nützlich, z. B. zur Bestimmung der Weltgegenden, zur Vergleichung der Sonnenuhren, zur Stellung der Uhren überhaupt u. s. w. Unter den vielen Methoden, eine solche Mittagslinie zu ziehn, ist die folgende eine der einfachsten. Man stelle einen Stab vertical auf eine horizontale Ebene, und beschreibe aus dem Fufspuncte des Stabes als aus einem Mittelpuncte mehrere concentrische Kreise. Man bemerke dann in jedem dieser Kreise diejenigen zwei Puncte, auf welche vor und nach dem Mittage das Ende des Schattens des Stabes fällt. Nimmt man die Mitte zwischen diesen zwei Puncten desselben Kreises und zieht durch diese Mitte und durch den Fufspunct des Stabes eine gerade Linie in der horizontalen Ebene, so ist diese gerade Linie die gesuchte Mittagslinie. Man sieht, dafs im Allgemeinen schon ein einziger Kreis genügt und dafs die andern nur da sind, um gröfsere Sicherheit in das Resultat zu bringen. Die Mittagslinien nämlich, die man auf diese Art aus jedem einzelnen Kreise und den in ihm befindlichen Puncten erhält, müssen mit den andern Mittagslinien übereinstimmen, und wenn sie nur wenig unter einander abweichen, so nimmt man das Mittel aus allen. Dieses Verfahren setzt voraus, dafs die Declination der Sonne[2] während der Dauer dieser Beobachtungen dieselbe bleibt, was

1 Vergl. Art. *Sonnenzeit*.

2 S. Art. *Abweichung*. Bd. I. S. 128.

nicht der Fall ist. Allein die daraus folgende Correction ist für dieses Verfahren, das seiner Natur nach keine grofse Schärfe gewähren kann, zu gering, als dafs man sie nicht gänzlich übergehn sollte, besonders wenn man diese Beobachtungen zur Zeit der beiden Sonnenwenden anstellt, wo die Declination der Sonne sich nur äufserst wenig ändert. Ganz auf dieselbe Art entsteht auch der *Gnomon*, nur mit dem Unterschiede, dafs er mit mehr Sorgfalt ausgeführt wird. Wenn man aber eine solche Mittagslinie mit der gröfsten Genauigkeit zu astronomischen Zwecken ziehn oder wenn man sie durch ganze Provinzen und Länder fortführen will, so wird man sich dazu derjenigen Methoden bedienen, die z. B. in Littrow's th. u. pr. Astron. Bd. I. S. 212—221 angeführt sind. Wenn man keine grofsen und kostbaren Instrumente, z. B. ein gutes Passageninstrument, zu Gebote hat, so ist folgendes Verfahren[1] von ganz vorzüglicher Anwendbarkeit.

In einer willkürlichen Entfernung von dem Beobachtungsorte stelle man, in der Richtung des schon beinahe bekannten Meridians, mehrere terrestrische Signale, am besten dunkel gefärbte Kugeln, auf und beobachte dann, mittelst eines Sextanten, vor und nach dem Mittage, von jedem dieser Signale correspondirende Distanzen der Sonne, also z. B. von jedem dieser Signale drei vormittägige und ebenso drei gleich grofse nachmittägige Distanzen. Nimmt man dann die Mitte zwischen den Beobachtungen der beiden gleichen Distanzen des einen Signals, so wird diese zugleich die Zeit des wahren Mittags seyn, wenn das Signal genau im Meridian steht. Steht aber das Signal östlich vom Meridiane, so wird die daraus gefolgerte Zeit gröfser seyn, als die des wahren Mittags, und umgekehrt. Dasselbe wird man für jedes andere Signal haben. Hat man nun zugleich an demselben Tage auch correspondirende Höhen der Sonne beobachtet[2], so erhält man daraus unmittelbar die Zeit des wahren Mittags, die daher mit jenen Mittagen aus den Signalen verglichen sofort auch anzeigt, wie viel jedes derselben zu weit östlich oder westlich von dem wahren Meridiane absteht. Es versteht sich, dafs die correspondirenden Sonnenhöhen sowohl, als auch die cor-

1 S. v. Zach in Mon. Corr. T. III.
2 S. Art. *Höhe* eines Gestirns. Bd. V. S. 281.

espondirenden Distanzen der Sonne von den Signalen wegen der Declinationsänderung der Sonne vorerst verbessert werden müssen. Die erste Verbesserung ist a. a. O. bereits oben angegeben worden, für die zweite aber wird man auf folgende Weise verfahren. Ist φ die Polhöhe des Beobachtungsortes, δ die Declination der Sonne, t die halbe Zwischenzeit der Beobachtung und $d\delta$ die Aenderung der Declination in der Zeit dt, so wie h die Höhe des Signals, so hat man für die gesuchte Correction den Ausdruck

$$\frac{d\delta}{15}\left\{\frac{\text{Cotg.}(\varphi+h)}{\text{Sin.}\,t}+\text{Tang.}\,\delta\ \text{Cotg.}\,t\right\}.$$

Auf diese Weise fand v. ZACH am 7. April 1801 aus drei aufgestellten Signalen die corrigirten Mittage in seiner Uhrzeit ausgedrückt:

von dem I. Signal . . .	11^h	55′	52″,31
II. —	11	56	18,64
III. —	11	56	48,57.

Allein die correspondirenden Sonnenhöhen selbst gaben ihm den corrigirten, also den *wahren* Mittag

$$11^h\ 56'\ 52'',20.$$

Daraus folgt, daſs das Signal III. unter allen am wenigsten, nur um 3″,63 östlich vom Meridiane entfernt war. Es war aber das I. Signal von dem dritten um 68,6 Zoll und das II. Signal von dem dritten um 36,5 Zoll entfernt, während die vorhergehenden Beobachtungen zeigen, daſs die Mittage des I. und III Signals um 56″,26 und die des II. und III. Signals um 29″,93 von einander abstehn. Nennt man also x die Entfernung des dritten Signals von dem wahren Meridiane, so folgt aus dem I. und III. Signale

$$x = 3{,}63 \cdot \frac{68{,}6}{56{,}26} = 4{,}426$$

und aus dem II. und III. Signale

$$x = 3{,}63 \cdot \frac{36{,}5}{29{,}93} = 4{,}427,$$

so daſs daher, im Mittel aus beiden Bestimmungen, das dritte Signal um 4,4265 Zoll östlich vom Meridiane entfernt war. Als er dasselbe um 4,4265 westlich rücken und auch die übri-

gen beiden, der vorhergehenden Rechnung gemäſs, gehörig stellen lieſs, fanden sich nicht nur alle drei Signale, durch das Fernrohr seines Passageninstruments besehn, genau in derselben geraden Linie, sondern auch in dem Meridianfaden dieses Instruments. Auf diese Weise kann also, bloſs durch die Beobachtung eines einzigen Tags, eine Meridianlinie der Gegend von der Länge einer deutschen Meile mit der gröſsten Schärfe gezogen werden. Wenn sich der Beobachter am folgenden Tage an den Ort verfügt, wo früher diese Signale standen, und dieselben Beobachtungen wiederholt, so wird er die Länge seiner Meridianlinie dadurch verdoppeln und so in kurzer Zeit dieselbe durch sein ganzes Land ziehn können. Dabei wollen wir noch bemerken, daſs diese so erhaltene Mittagslinie, da sie ganz auf der Oberfläche der Erde liegt, keine gerade Linie mehr seyn kann, wie oben, bei der Erklärung des Worts *Mittagslinie*, vorausgesetzt wurde. Wenn man aber nur einen kleinen Theil der durch das letzte Verfahren erhaltenen krummen Linie, z. B. von der Länge einiger Klaftern, betrachtet, so wird man diese Theile ohne allen merklichen Fehler als eine gerade, mit der oben erwähnten Mittagslinie zusammenfallende Linie betrachten können. Genauer ausgedrückt ist also die Mittagslinie ein gröſster Kreis der Erde, der durch den Beobachter und durch die beiden Pole geht, oder die Mittagslinie ist identisch mit der Peripherie des irdischen Meridians und jene gerade Linie ist die Tangente dieses gröſsten Kreises.

Anders noch verhält sich die Sache, wenn die Erde nicht als eine Kugel, sondern wenn sie als ein Sphäroid, d. h. als ein Körper angenommen wird, der durch die Umdrehung einer Ellipse um ihre kleine Axe entstanden ist, wie dieses der Theorie gemäſs seyn muſs, die von den Geometern über die Gestalt der Erde aufgestellt worden ist[1].

L.

---

1 Vergl. Laplace Exposision du Système du Monde. Éd. V. T. 1. p. 115.

Mittelpunct.

Centrum; Centre; *Centre.* In der Geometrie heifst Mittelpunct derjenige Punct einer Figur oder eines Körpers, welcher alle durch ihn gehenden geradlinigen Sehnen in zwei gleiche Theile theilt. So hat man den Mittelpunct eines Kreises und einer Kugel, aber auch den Mittelpunct einer Ellipse, eines Parallelogramms u. s. w., wo in dem letzten die Sehnen statt derjenigen geraden Linien genommen werden, die durch den Durchschnitt der beiden Diagonalen gehn. Nicht blofs Figuren und Körper haben einen solchen Mittelpunct, so dafs man die Untersuchung über die mit einem Mittelpuncte versehenen Curven und Flächen als einen eigenen Zweig der Geometrie betrachten kann, sondern dieses Wort wird auch in mehrern andern Wissenschaften unter verschiedenen Bedeutungen gebraucht, von welchen wir hier die vorzüglichsten kurz angeben wollen.

I. *Mittelpunct der Anziehung*, zur Mechanik gehörend, ist der Punct, in welchen man die anziehende Kraft versetzt denkt. So ist die Sonne der Mittelpunct der Anziehung des Planetensystems; so ist der geometrische Mittelpunct der Erde zugleich der Mittelpunct der Anziehung für alle Massenelemente, aus welchen die Erde besteht, weil alle diese Massen gegen den geometrischen Mittelpunct der Erde gravitiren oder von ihm angezogen werden. Eine Kugel zieht im Gegentheile jeden aufser ihr gelegenen Punct so an, als ob die ganze Masse der Kugel in ihrem geometrischen Mittelpuncte vereinigt wäre, vorausgesetzt dafs die Anziehung der Kugelmasse sich entweder wie die Entfernung oder auch verkehrt wie das Quadrat der Entfernung des angezogenen Punctes verhält. In diesen beiden Fällen ist also der geometrische Mittelpunct der Kugel auch zugleich der Mittelpunct der Anziehung derselben, in allen andern Fällen aber sind diese beiden Mittelpuncte von einander verschieden. Jene beiden Fälle sind aber die der Natur. Denn eine körperliche, d. h. mit Masse angefüllte Sphäre zieht jeden *innern* Punct dieser Sphäre mit einer Kraft an, die der Distanz dieses Punctes vom Mittelpuncte der Kugel proportional ist, und im Gegentheile jeden *äufsern* Punct

mit einer Kraft, die sich verhält wie verkehrt das Quadrat der Entfernung dieses Puncts von dem Mittelpuncte der Kugel. Dieser letzte Umstand ist die Ursache, dafs wir, bei der Berechnung der Anziehungen, welche die Körper des Himmels unter einander ausüben, diese Körper, ihrer Gröfse ungeachtet, als blofse Puncte betrachten können. Ohne diese Abkürzung würde unsere mathematische Analyse, so sehr sie auch bisher vervollkommnet seyn mag, nicht hinreichen, auch nur die auffallendsten Erscheinungen in der Bewegung des Weltsystems darzustellen. Wenn z. B. die Planeten und Kometen, statt der Kugelform, die sie sehr nahe haben, die Gestalt von Cylindern oder von sehr langgestreckten Parallelepipeden hätten, so würden wir ihre Bewegung um die Sonne nicht mehr zu berechnen im Stande seyn.

II. *Mittelpunct des Gleichgewichts.* Wenn in einem Systeme von Körpern, die unter einander auf irgend eine Weise verbunden seyn mögen, auf jeden dieser Körper gegebene Kräfte wirken, so giebt es im Allgemeinen in jedem solchen Systeme einen Punct, der, wenn er unterstüzt oder befestigt wird, das System, ungeachtet der Wirkung jener Kräfte, im Gleichgewichte oder in Ruhe erhält. Wenn diese Körper blofs von der *Schwere* der Erde, also von unter sich parallelen Kräften getrieben werden, so heifst dann dieser Mittelpunct des Gleichgewichts der *Schwerpunct* des Systems. Der Schwerpunct ist also nur als ein specieller Fall von dem Mittelpuncte des Gleichgewichts zu betrachten[1].

Die Richtung der Schwere würde bei einer vollkommen kugelförmigen Erde für alle Puncte ihrer Oberfläche nach dem geometrischen Mittelpuncte derselben gerichtet seyn, sie würde nämlich in der Richtung der Normalen dieser Puncte, d. h. in der Richtung der Halbmesser der Kugel liegen, weil bei der Kugel alle Halbmesser zugleich Normalen sind oder auf der Oberfläche derselben senkrecht stehn. Da aber die Erde an ihren Polen abgeplattet ist oder da sie, der Theorie gemäfs, die Gestalt eines Körpers hat, der durch die Umdrehung einer Ellipse um ihre kleine Axe entstanden ist, so wird

1 Wie dieser Schwerpunct für Linien, Flächen und Körper gefunden wird, ist oben im Art. *Mechanik* und in einem eigenen Art. *Schwerpunct* gezeigt.

die Richtung der Schwere, die immer in der Normale jeder Oberfläche liegt, nur in den Puncten des Aequators und in den beiden Polen durch den geometrischen Mittelpunct der Erde gehn, in allen übrigen Puncten der Erdoberfläche aber neben diesem Mittelpuncte vorbeigehn.

III. *Mittelpunct der Kräfte* ist mit dem bereits erwähnten Mittelpuncte der Anziehung gewöhnlich gleichbedeutend. In der Mechanik unterscheidet man überhaupt zwei Gattungen von Kräften. Die *ersten* haben unter sich parallele Richtungen, wie z. B. die Schwere der Erde, wenigstens in kleinen Entfernungen über ihrer Oberfläche. Obschon nämlich die Schwere oder die Anziehung der Erde auf Körper aufser ihrer Oberfläche durchaus nahe gegen den Mittelpunct der Erde gerichtet ist, so können doch diejenigen geraden Linien, die man nahe an der Erdfläche, wo wir allein Versuche anstellen können, als Verlängerungen der Erdhalbmesser zieht, ohne merklichen Fehler als unter sich parallele Linien angesehn werden, und wir dürfen daher sagen, dafs in der Nähe der Oberfläche der Erde die Richtungen der Schwere alle unter sich parallel sind, obschon sie, verlängert in dem Mittelpuncte der Erde zusammenkommen. Unter dieser Voraussetzung betrachtet man z. B. die Bewegung der auf der Erde schief gegen den Horizont geworfenen Körper. Wenn man aber auch die Bewegung derjenigen Körper, z. B. des Mondes, die weiter von der Erde entfernt sind, unter dieser Voraussetzung betrachten wollte, so würde man dadurch in sehr grofse Fehler verfallen, weil hier die Richtungen der Halbmesser der Erde bis zum Monde fortgesetzt schon sehr merklich von der parallelen Lage abweichen. Dasselbe ist der Fall mit der Bewegung der Erde und aller Planeten um die Sonne. Hier nimmt man also der Natur der Sache gemäfs an, dafs die Kraft ihren Sitz in dem Mittelpuncte jenes anziehenden Körpers, z. B. in dem Mittelpuncte der Sonne, habe und dafs ihre Wirkungen, gleichsam wie die Strahlen eines daselbst befindlichen Lichtes, nicht mehr parallel fortgehn, sondern divergirend aus dem Mittelpuncte der Sonne auslaufen. Solche Kräfte werden daher Centralkräfte genannt und der Punct, den man als den Sitz einer solchen Centralkraft betrachtet, heifst der Mittelpunct dieser Kraft.

IV. *Mittelpunct der Masse oder der Trägheit.* Dieser Aus-

druck ist gleichbedeutend mit „*Schwerpunct.*“ Euler hat ihn zuerst in seiner *Theoria motus corp. rigidorum* eingeführt. So oft nämlich parallele Kräfte auf eine körperliche Masse wirken, läſst sich die ganze Wirkung dieser Kräfte in irgend einem Puncte der Masse vereinigt denken, ohne den Erfolg, welchen diese Kräfte hervorbringen, dadurch abzuändern. Dieſs ist z. B. der Fall, wenn ein horizontaler Wind auf einen Windmühlflügel wirkt, selbst wenn man von der Schwere der Erde ganz abstrahirt. Man kann übrigens zeigen, daſs dieser Punct, z. B. hier des Flügels, mit dem Schwerpuncte desselben identisch ist.

V. *Mittelpunct, phonischer,* ist der Ort, an welchen sich bei einem Echo, das mehrere Sylben wiederholt, die redende Person stellen muſs, um das Echo am besten zu hören.

VI. *Mittelpunct der Schwere* ist dasselbe mit „*Schwerpunct.*“

VII. *Mittelpunct des Schwungs* (*Centrum oscillationis*) ist derjenige Punct eines zusammengesetzten Pendels[1], in welchem die ganze schwere Masse dieses Pendels vereinigt um denselben Aufhängepunct ebenso schnelle Schwingungen machen würde, als das zusammengesetzte Pendel selbst macht.
Fig. 308. Sey a c ein einfaches und A C ein zusammengesetztes Pendel, die beide um den Punct a oder A gleich schnell schwingen. Nimmt man den Punct O in dem letzten Pendel so an, daſs die Distanz A O gleich a c oder gleich der Länge des einfachen Pendels ist, so ist O der Mittelpunct des Schwungs für das zusammengesetzte Pendel A C. Demnach genügt es also, bei einem zusammengesetzten Pendel A C bloſs den Mittelpunct O des Schwungs zu kennen, um seine ganze Theorie auf die des einfachen Pendels zurückzuführen. Denn das zusammengesetzte Pendel schwingt dann vollkommen so, wie ein einfaches Pendel von der Länge A O schwingen würde, wenn in dem Puncte O die ganze schwere Masse des zusammengesetzten Pendels A C vereinigt ist.

Es ist bereits oben[2] gesagt worden, wie wichtig diese Aufgabe für die Wissenschaft geworden ist und welche Mühe

1 S. Art. *Pendel.* Bd. VII. S. 310 u. 336 ff.
2 S. Art. *Mechanik.*

es gekostet hat, sie vollkommen aufzulösen. Dieses Problem hat in der Geschichte der Mechanik Epoche gemacht und ihm verdankt man vorzüglich die gegenwärtige, in so hohem Grade vervollkommnete Gestalt dieser Wissenschaft. Mersenne hat zuerst im J. 1646 diese Aufgabe der Geometrie vorgelegt und Huyghens hat zuerst eine genügende Auflösung derselben gegeben. Das Resultat dieser Auflösung besteht kurz in Folgendem.

Sey $ABB'B''$.. eine gerade Linie ohne Schwere, in mehreren ihrer Puncte B, B', B''.. mit Körpern belegt, deren Massen in derselben Ordnung m, m', m''.. seyn sollen, während wir die Entfernungen der Schwerpuncte dieser Massen von dem Aufhängepuncte A des auf diese Weise zusammengesetzten Pendels AB, AB', AB''.. durch a, a', a''.. bezeichnen wollen. Ist nun wieder O der Mittelpunct des Schwungs dieses zusammengesetzten Pendels und $AO = u$ die Entfernung desselben von dem Aufhängepuncte A, so hat man, nach Huyghens Auflösung, für den gesuchten Werth von u den Ausdruck

$$u = \frac{a^2 m + a'^2 m' + a''^2 m'' + ..}{am + a'm' + a''m'' + ..}$$

oder kürzer mit dem bekannten Summenzeichen

$$u = \frac{\Sigma . a^2 m}{\Sigma . am}.$$

Man pflegt aber in der Statik das Product der Masse in die Entfernung derselben von dem Umdrehungspuncte das *statische Moment* und das Product der Masse in das Quadrat dieser Entfernung das *Trägheitsmoment* dieser Masse zu nennen. Demnach ist die gesuchte Distanz des Schwingungspuncts von dem Aufhängepuncte gleich der Summe der Trägheitsmomente, dividirt durch die Summe der statischen Momente aller Massen, aus welchen das zusammengesetzte Pendel besteht.

Wendet man diesen Ausdruck auf gegebene Flächen oder Körper an, so wird man, wenn dm das Differential der Fläche bezeichnet, statt m die Gröfse $\iint dx\,dy$ und bei den Körpern die Gröfse $\iiint dx\,dy\,dz$ setzen und den Werth der Gröfse a der Aufgabe gemäfs annehmen. Da in dem Art. *Pendel*[1] nur ein specieller Fall, der einer ganzen Kugel, angeführt wor-

1 Bd. VII. S. 837.

den ist und mehrere andere ebenso oft vorkommen können, so wird es nicht unangemessen erscheinen, wenn hier einige der vorzüglichsten dieser besondern Fälle, zugleich mit ihrem allgemeinen Ausdrucke, kurz zusammengestellt werden.

A. Schwingungen der Flächen nach der Kante.

Fig. 809. Sey OC eine auf die Ebene des Papiers senkrecht stehende, hier als horizontal gedachte Axe, um deren Punct O eine gegebene krumme Fläche MAN so schwingt, dafs sie immer in der Ebene des Papiers bleibt. Eine solche Schwingung wird *oscillatio in latus* genannt.

Sey $OA = h$ eine unbiegsame Linie ohne Schwere, durch welche die Fläche MAN an den Schwingungspunct O befestigt ist, und setzen wir voraus, dafs diese Linie OA verlängert die Fläche MAN in zwei gleiche und ähnliche Theile theilt, so dafs also beide Hälften der Fläche zu den beiden Seiten der Geraden OAP symmetrisch liegen.

Setzt man dann die auf einander senkrechten Coordinaten $AP = x$ und $PM = PN = y$, so hat man, mittelst des vorigen Ausdrucks, für die gesuchte Entfernung $OU = u$ des Schwingungspuncts U dieser Fläche von dem Aufhängepuncte O die Gleichung

$$u = \frac{\int (h+x)^2 y\,dx + \frac{1}{3}\int y^3\,dx}{\int (h+x)\,y\,dx}.$$

I. Um einige besondere Fälle dieses allgemeinen Ausdrucks anzuführen, sey die Figur BDbd ein Rechteck, dessen Seiten $Bb = Dd = a$ und $BD = bd = b$ sind. Hier ist demnach die Ordinate y constant und gleich b, also auch der Zähler des Bruchs u gleich
Fig. 810.

$$\int (h+x)^2 b\,dx + \frac{b^3}{3}\int dx = \tfrac{1}{3} b (h+x)^3 + \frac{b^3 x}{3} + \text{Const.}$$

und der Nenner $\int (h+x)\,b\,dx = \frac{1}{2} b (h+x)^2 + \text{Const.}$

Sollen diese Integrale mit x zugleich verschwinden, so ist die Constante gleich $-\frac{1}{2} h^2 b$, also auch die gesuchte Distanz u des Mittelpunctes des Schwunges vom Aufhängepuncte O des Rechtecks

$$u = \tfrac{2}{3} \cdot \frac{(h+x)^3 + b^2 x - h^3}{(h+x)^2 - h^2}.$$

Ist $h=0$, also der Aufhängepunct in A, so hat man

$$u=\frac{2}{3}\cdot\frac{x^2+b^2}{x}.$$

Ist $b=0$, so hat man für eine in A befestigte geradlinige Stange (ein sehr dünnes Parallelepipedum oder einen sehr dünnen Cylinder), dessen Länge x ist,

$$u=\tfrac{2}{3}x.$$

II. Für ein gleichschenkliges Dreieck A B D sey die Höhe desselben $AE=a$ und die Basis $BD=b$, also $BE=ED=\frac{1}{2}b$. Fig. 311.

Nimmt man wieder $AP=x$ und $PM=y$, so ist $y=\frac{bx}{2a}$ und daher, für $x=a$, die gesuchte Distanz

$$u=\frac{24h^2+32ah+12a^2+b^2}{24h+16a};$$

für $h=0$, wenn das Dreieck in seinem Scheitel A befestigt ist, hat man

$$u=\frac{12a^2+b^2}{16a},$$

für $a=b$ ist

$$u=\frac{13a}{16},$$

für $a=\frac{b}{2}\sqrt{3}$, das heifst, für ein gleichseitiges Dreieck, von dem jede Seite gleich b ist, ist

$$u=\frac{5b}{4\sqrt{3}}.$$

Wird endlich das gleichschenklige Dreieck A B D in der Mitte E seiner Basis befestigt, so dafs der Aufhängepunct in E fällt, und ist wieder $AE=a$ und $BD=b$, so findet man

$$u=\frac{4a^2+b^2}{8a}.$$

III. Für eine in ihrem Scheitel A befestigte Parabel M A N hat man, wenn a ihren Parameter bezeichnet, $y^2=ax$, also auch die Distanz u des Schwingungspuncts von dem Aufhängepuncte A oder Fig. 312.

$$u=\frac{15x+7a}{21}.$$

IV. Für einen Kreisabschnitt M A N, der in der Mitte A Fig. 313.

seines Bogens MAN aufgehängt ist. Nimmt man $AP = x$, $PM = y$ und setzt man den Halbmesser des Kreises gleich a, so hat man $y^2 = 2ax - x^2$, also auch

$$u = \frac{\int x^2 (2ax - x^2)^{\frac{1}{2}} dx + \frac{1}{3}\int (2ax - x^2)^{\frac{3}{2}} dx}{\int x (2ax - x^2)^{\frac{1}{2}} dx}.$$

Setzt man nach der Integration dieses Ausdrucks $x = 2a$, so erhält man für die gesuchte Distanz bei dem ganzen Kreise

$$u = \tfrac{3}{2}\, a.$$

B. Schwingungen der Flächen nach der Breite.

Fig. 809. Sey CO eine horizontale Axe in der Ebene des Papiers. An dem Puncte O derselben werde durch die senkrechte, unbiegsame Stange OA eine krumme Linie MAN so befestigt, dafs die Ebene dieser Figur ebenfalls in die hier als vertical gedachte Ebene des Papiers fällt. Wird dann diese Ebene MAN durch einen auf sie senkrechten Stofs in Bewegung gesetzt, so wird sie um den Punct O so schwingen, dafs sie zu beiden Seiten der Ebene des Papiers aus dieser Ebene heraustritt oder dafs jeder Punct dieser Figur, während der Schwingung, immer gleich weit von der horizontalen Axe OC entfernt bleibt. Eine solche Schwingung der Fläche MAN heifst *oscillatio in planum*.

Nennt man wieder h die Entfernung OA und nimmt man an, dafs die krumme Linie MAN zu beiden Seiten der verticalen Linie OAP symmetrisch liegt, so sey, wie zuvor, $AP = x$ und $PM = y$. Dieses vorausgesetzt kann man jedes Element der Flächenmasse PMpm durch den Ausdruck $dx\,dy$ vorstellen, die Entfernung desselben von dem Aufhängepuncte O wird aber $h + x$ seyn, so dafs man daher für die Distanz u des Schwingungspunctes der Fläche von ihrem Aufhängepuncte sofort den Ausdruck hat

$$u = \frac{\int (h + x)^2 . y\, dx}{\int (h + x)\, y\, dx}.$$

Fig. 814. I. Ist die Figur ein Rechteck BCDE und wird dasselbe in der Mitte A einer seiner Seiten aufgehängt, so sey $BC = DE = a$ und $BD = CE = b$. Setzt man dann $AP = x$ und $PM = y$,

so ist $y = \frac{1}{2}a$ eine constante Gröfse, und da für diesen besondern Fall $h = 0$ ist, so hat man

$$u = \frac{\frac{1}{2}a\int x^2 dx}{\frac{1}{2}a\int x dx} = \frac{2}{3}x,$$

also auch für das ganze Rechteck $u = \frac{2}{3}b$, eine von der Breite a des Rechtecks unabhängige Gröfse. Daraus folgt sofort, dafs auch für eine geradlinige Stange ohne Dicke oder doch von sehr geringer und in allen ihren Theilen gleich grofser Dicke, wenn diese Stange an einem ihrer Endpuncte A aufgehängt wird, die Distanz des Schwingungspuncts

$$u = \frac{2}{3}b$$

seyn wird, wo $AF = b$ die Länge dieser Stange bezeichnet, übereinstimmend mit dem, was oben (A. I.) gefunden wurde.

II. Für ein gleichschenkliges Dreieck ABE, das um seinen Scheitel A schwingt, sey $AD = a$ die Höhe und $BE = b$ die Basis desselben, so ist, wenn wieder $AP = x$ und $PM = y$ gesetzt wird, Fig. 815.

$$y = \frac{bx}{2a}$$

und daher die gesuchte Distanz

$$u = \frac{3}{4}x,$$

also auch für das ganze Dreieck, wenn $x = a$ ist, $u = \frac{3}{4}a$. Für ein gleichseitiges Dreieck ist $2a = b\sqrt{3}$ und daher ebenfalls $u = \frac{3}{4}x$.

Soll aber der feste Punct, um welchen das gleichschenklige Dreieck schwingt, in der Mitte D der Basis liegen, so wird man in dem vorhergehenden allgemeinen Ausdrucke $a - x$ statt x setzen, während y unverändert bleibt, wodurch man erhält, da wieder $h = 0$ ist,

$$u = \frac{\int (a-x)^2 \frac{bx\,dx}{2a}}{\int (a-x) \frac{bx\,dx}{2a}} \text{ oder } u = \frac{6a^2 - 8ax + 3x^2}{6a - 4x},$$

wo $AP = x$ ist, so dafs man daher für $x = a$ oder für das ganze Dreieck hat

$$u = \frac{1}{2}a.$$

III. Für die Parabel MAN, die um ihren Scheitel A schwingt, hat man, wenn der Parameter derselben a ist, Fig. 817.
$y^2 = ax$, also auch

$$u = \frac{5}{7}x.$$

C. Schwingungen der Körper.

Wir betrachten hier der Kürze wegen nur diejenigen Körper, welche durch die Umdrehung einer Curve um eine geradlinige Axe entstehn. Sey $OA = h$, $AP = x$ und $PM = y$,
Fig. 816. wo y in der Verlängerung der verticalen Drehungsaxe OA liegt.

Dieses vorausgesetzt findet man leicht aus dem oben gegebenen allgemeinen Ausdrucke für u bei jedem Rotationskörper

$$u = \frac{\int (h+x)^2 . y^2 dx + \frac{1}{4}\int y^4 dx}{\int (h+x) . y^2 dx}.$$

I. Ist AM ein Kreisbogen des Halbmessers a, so hat man $y^2 = 2ax - x^2$. Substituirt man diesen Werth von y in den vorhergehenden Ausdruck und nimmt man die drei Integrale so, daſs sie mit x zugleich verschwinden, so erhält man für die Distanz des Schwingungspuncts eines *Kugelsegments* von seinem Aufhängepuncte O an den Ausdruck

$$u = \frac{ha^2 + \frac{a}{3}(a^2 - h^2 + 4ha) + \frac{x^2}{4}(a - 2h) - \frac{3x^3}{20}}{ha + \frac{x}{3}(2a - h) - \frac{1}{4}x^2}.$$

Für die halbe Kugel ist $x = a$ und daher

$$u = \frac{26a^2 + 110ah - 20h^2}{25a + 40h}.$$

Nimmt man $h = 0$ an, oder soll das Kugelsegment um seinen höchsten Punct A schwingen, so hat man

$$u = \frac{20a^2 + 15ax - 9x^2}{5(8a - 3x)}$$

und für die *halbe Kugel*

$$u = \frac{26}{25}a.$$

Für die *ganze Kugel* endlich ist $x = 2a$ und daher

$$u = \frac{7a^2 + 10ha + 5h^2}{5(a+h)}.$$

Setzt man $h = k - a$, so wird

$$u = k + \frac{2a^2}{5k}.$$

Für $h = 0$ oder $k = a$ endlich ist

$$u = \frac{7}{5}a.$$

II. Für einen Cylinder BCD, der in dem Mittelpuncte A seiner obern Basis befestigt ist, sey die Höhe des Cylinders $AB = a$ und der Halbmesser seiner kreisförmigen Basis $AC = AD = b$, so hat man, wenn man $AP = x$ setzt und in dem allgemeinen Ausdrucke für u die Gröfse $y = b$ und $h = 0$ annimmt, Fig. 317.

$$u = \tfrac{2}{3}x + \frac{b^2}{2x}.$$

Für $b = 0$, das heifst, für eine sehr dünne geradlinige Stange wird $u = \tfrac{2}{3}x$, wie zuvor.

III. Für einen in seinem Scheitel A aufgehängten Kegel, dessen Höhe $AD = a$ und Halbmesser der Basis $BD = DE = b$ ist, hat man, wenn $AP = x$ und $PM = y$ ist, Fig. 315.

$$y = \frac{bx}{a},$$

also auch, da $h = 0$ ist,

$$u = \tfrac{4}{5}x + \frac{b^2x}{5a^2},$$

also auch für den ganzen Kegel, wo $x = a$ ist,

$$u = \tfrac{4}{5}a + \frac{b^2}{5a}.$$

IV. Für ein Paraboloid, das durch Umdrehung einer Parabel MAN um ihre Axe AP entstanden ist, hat man $y^2 = ax$, also auch Fig. 312.

$$u = \frac{a + 3x}{4}.$$

V. Für ein Ellipsoid, das durch Umdrehung einer Ellipse um ihre grofse Axe entstanden ist, hat man $y^2 = 2px - \frac{px^2}{a}$, wo a die halbe grofse Axe und p den halben Parameter der Ellipse bezeichnet. Wird also das Ellipsoid in dem einen Endpuncte seiner grofsen Axe befestigt, so hat man aus dem vorhergehenden allgemeinen Ausdrucke

$$u = \frac{6ax(5a - 2x) + p(20a^2 - 15ax + 3x^2)}{5a(8a - 3x)};$$

für das halbe Ellipsoid ist $x = a$, also auch

$$u = \frac{8p + 18a}{25};$$

für das ganze Ellipsoid aber ist $x = 2a$ und daher

$$u = \frac{p + 6a}{5}.$$

Setzt man endlich $p = a$, so erhält man in diesem Falle für die ganze Kugel

$$u = \frac{7}{5} a, \text{ wie zuvor.}$$

Fig. 318. VI. Für ein Kugelsegment MDNP endlich, das im Mittelpuncte A der Kugel aufgehängt wird, hat man, wenn $AP = x$ und $PM = y$ ist, $y^2 = a^2 - x^2$, wo a den Halbmesser der Kugel bezeichnet. Also hat man auch für das Stück BACMN der Kugel

$$u = \frac{10a^2x^2 - 9x^4 + 15a^4}{30a^2x - 15x^3},$$

für $x = a$ oder für die Halbkugel ist daher

$$u = \tfrac{16}{15} a.$$

VIII. *Mittelpunct des Stofses* (*centrum percussionis*). So wird diejenige Stelle eines Körpers genannt, wo man sich die ganze Wirkung des Stofses, den er von einem andern Körper erhält, vereinigt vorstellen kann, so dafs, wenn diese Stelle hinlänglich befestigt ist, der Stofs keine Bewegung des gestofsenen Körpers hervorbringen kann. Wallis hat diese Benennung zuerst eingeführt, aber den Mittelpunct des Stofses und den so eben betrachteten Mittelpunct des Schwungs, bei seiner analytischen Ableitung desselben, verwechselt, wodurch Stone, Jacob Bernoulli u. A. verleitet wurden, beide Mittelpuncte für identisch zu halten, was sie doch nur in einigen besondern Fällen sind, wie zuerst Joh. Bernoulli gezeigt hat[1].

IX. *Mittelpunct der Umdrehung* (*centrum rotationis*). Wenn ein Körper, z. B. eine Kugel, einen Stofs erhält, dessen Richtung nicht durch ihren Mittelpunct geht, so wird dieser Stofs nicht blofs eine progressive, sondern auch zugleich eine rotirende Bewegung der Kugel zur Folge haben. Dabei mufs es nun in dem Körper einen Punct geben, der durch die progressive Bewegung ebensoweit vorwärts, als durch die rotirende Bewegung rückwärts getrieben wird, der also in Ruhe bleibt, während alle andere Puncte des Körpers sich bewe-

---

1 In Karsten's Lehrbegriff der Mathem. Th. IV. Abschn. 18. wird die Lehre vom Mittelpuncte des Stofses umständlich vorgetragen.

gen. Dieser Punct heifst der Mittelpunct der Umdrehung und sein Ort ist, bei fortdauernder Bewegung, in dem Körper offenbar veränderlich.

Ein solcher *excentrischer* (nicht durch den Mittelpunct gerichteter) Stofs hat wahrscheinlich die doppelte Bewegung der Planeten hervorgebracht, mit welcher sie um die Sonne und zugleich um ihre eigene Axe sich bewegen. Von diesen beiden Bewegungen heifst die erste die *jährliche* und die andere die *tägliche* Bewegung des Planeten.

Sey a die Entfernung der Richtung dieses ursprünglichen Stofses von dem Mittelpuncte des Planeten, den wir hier als eine Kugel vom Halbmesser r betrachten und dessen Masse m seyn soll. Nennt man u die *Winkelgeschwindigkeit der Rotation* und k die Intensität oder die Stärke jenes ursprünglichen Stofses, so hat man, nach den ersten Gründen der Dynamik,

$$du = \frac{akdt}{\int r^2 dm},$$

wo dt das constante Element der Zeit bezeichnet. Ist dann ebenso v die Geschwindigkeit der progressiven Bewegung des Planeten um die Sonne und p die Kraft, welche diese Bewegung erzeugt, so ist $dv = p\,dt$. Da aber diese Kraft p als von dem ursprünglichen Stofse erzeugt seyn soll und die Wirkung dieses Stofses desto kleiner seyn wird, je gröfser die Masse des Planeten ist, so hat man auch $p = \frac{k}{m}$ oder

$$dv = \frac{kdt}{m}.$$

Nennt man aber R die ursprüngliche Entfernung des Planeten von der Sonne und du′ die augenblickliche Winkelgeschwindigkeit der progressiven Bewegung des Planeten um die Sonne, so ist

$$du' = \frac{dv}{R} = \frac{kdt}{mR}.$$

Man hat daher für das Verhältnifs der täglichen und jährlichen Winkelgeschwindigkeit des Planeten

$$\frac{du}{du'} = \frac{amR}{\int r^2 dm}.$$

Allein ist T die jährliche Umlaufszeit des Planeten und t die Zeit der täglichen Rotation desselben, so ist auch

$$\frac{du}{du'} = \frac{T}{t}.$$

Setzt man daher diese beiden Werthe von $\frac{du}{du'}$ einander gleich, so erhält man

$$a = \frac{T}{mR} \cdot \frac{\int r^2 dm}{t},$$

und dieses ist daher der Abstand a der Richtung des Stofses, den der Planet im Anfange seiner Bewegung erhalten hat, von dem Mittelpuncte desselben.

Um dieses auf die Planeten unseres Sonnensystems anzuwenden, werden wir bemerken, dafs für eine Kugel vom Halbmesser r das Moment der Trägheit[1] gleich $\int r^2 dm = \frac{2}{5} m r^2$ ist, so dafs man demnach hat

$$a = \frac{2 T r^2}{5 R t}.$$

Für die Erde hat man bekanntlich $\frac{T}{t} = 366{,}256$ und $\frac{r}{R} = \text{Sin.}\, 8'',6$ oder $\frac{r}{R} = 0{,}0000417$; also ist auch $a = 0{,}0061$ Erdhalbmesser oder nahe 5,24 geogr. Meilen. Der erste Stofs, welcher unserer Erde ihre doppelte Bewegung, um die Sonne und um sich selbst, gegeben hat, hatte also die Richtung einer geraden Linie, die um $\frac{6}{1000}$ des Halbmessers der Erde oder um nahe $5\frac{1}{4}$ geogr. Meilen von dem Mittelpuncte der Erde in senkrechter Richtung abstand.

Für Jupiter ist $\frac{T}{t} = 10476$ und $\frac{r}{R} = 0{,}000087$, also auch $a = 0{,}365$ Halbmesser des Jupiter; der Werth von a ist daher für Jupiter viel gröfser, als für die Erde, daher sich auch jener viel schneller um seine Axe dreht, als diese. Für den Mond der Erde ist $\frac{T}{t} = 1$ und $\frac{r}{R} = 0{,}0045$, also auch $a = 0{,}0018$ Halbmesser des Mondes.

Ist wieder u die tägliche und u' die jährliche Winkelgeschwindigkeit eines Planeten in derselben Zeit, z. B. in einer Minute, und denkt man sich den Mittelpunct der Sonne mit dem ihr nächsten Puncte der Oberfläche des Planeten durch eine

---

1 S. Art. *Moment*.

gerade und unbiegsame Linie verbunden, so wird jeder Punct dieser Linie, dessen Entfernung von dem Planeten z. B. gleich x ist, durch die Rotation des Planeten in einer Minute den Bogen ux und durch die jährliche Bewegung des Planeten um die Sonne in derselben Zeit den Bogen Ru' beschreiben und diese beiden Bewegungen werden in *entgegengesetzten* Richtungen vor sich gehn. Um daher den Punct jener Linie zu finden, für welchen jene beiden Bewegungen einander gleich sind, hat man

$$ux = Ru' \text{ oder } x = \frac{Ru'}{u},$$

das heifst, der Punct, welcher von der der Sonne nächsten Oberfläche des Planeten um die Distanz $x = \frac{Ru'}{u}$ absteht, wird in jedem Augenblicke, während der doppelten Bewegung des Planeten, in *Ruhe* bleiben und er wird daher, nach der vorhergehenden Bedeutung des Worts, der *Mittelpunct der Umdrehung* des Planeten seyn.

Da man $\frac{u'}{u} = \frac{t}{T}$ hat, so ist auch

$$x = \frac{Rt}{T} \ldots (I)$$

oder endlich, da wir oben erhalten haben $\frac{t}{T} = \frac{2r^2}{5aR}$, so ist auch

$$x = \frac{2r^2}{5a} \ldots (II)$$

Für die Erde ist R = 20658000 geogr. Meilen und $\frac{T}{t} = 366{,}256$, also ist auch nach (I) der Werth von $x = \frac{Rt}{T} = 56400$ Meilen; oder für die Erde wurde oben gefunden a = 0,0061, also ist auch, wenn der Halbmesser r der Erde gleich der Einheit gesetzt wird, nach (II) der Werth von $x = \frac{2}{5a} = 65{,}5$ Erdhalbmesser, oder, da der Erdhalbmesser 860 Meilen hat, x = 56400 Meilen, wie zuvor. Für Jupiter ist R = 108594000 Meilen und $\frac{T}{t} = 10476$, also auch x = 10300 Meilen. Für den Mond endlich findet man ebenso x = 221 Mondhalbmes-

ser oder nahe 51600 Meilen, so dafs also jener Punct der Ruhe nahe in den Mittelpunct der Erde fällt.

L.

Mitternacht.

Mitternachtsgegend; *Septentrio, Boreas, Plaga septentrionalis s. borealis;* Septentrion, Nord; *Septentrion, North.*

Die Gegend des Horizonts, die der Mittagsgegend gegenüber liegt. Für die nördliche Halbkugel ist der eigentliche Mitternachtspunct in dem unter dem Nordpole liegenden Durchschnittspuncte des durch die Weltaxe gelegten Verticalkreises mit dem Horizonte. Die nicht untergehenden Sterne erreichen im Norden ihre geringste Höhe, von wo sie wieder anfangen aufzusteigen. Die diesem Mitternachtspuncte zunächst liegende Gegend heifst die *Mitternachtsgegend.*

Mitternacht, Mitternachtszeit; *Media nox;* Minuit; *Midnight* ist der Zeitpunct, wo der Mittelpunct der Sonne unter dem Horizonte ihren tiefsten Stand erreicht oder dort durch den Mittagskreis geht. Dieser Zeitpunct ist die Mitte der Nacht. Er ist 12 Stunden vom Mittage entfernt und ist der Anfang des bürgerlichen Tages, sofern wir nämlich unter einem Tage die Zeit von 24 Stunden verstehn.

B.

Mittlerer Planet.

Da die Planeten in *elliptischen* Bahnen sich um die Sonne bewegen, da also auch ihre Geschwindigkeit in jedem Augenblicke eine andere ist, so würde man die Hauptaufgabe der Astronomie, den Ort eines Planeten für jeden Augenblick durch Rechnung zu bestimmen, gar nicht auflösen können, wenn man in der Bewegung dieser Himmelskörper nicht etwas aufgefunden hätte, was sich gleichförmig, wie die Zeit selbst, ändert. Dieses ist aber nach dem bekannten zweiten Gesetze Kepler's der Flächenraum, welchen der Radius Vector des Planeten um die Sonne beschreibt. Dadurch ist nun jenes Problem auf die sogenannten *Quadraturen* der Geometrie zu-

rückgeführt, d. h. auf die analytische Angabe der Fläche eines elliptischen Ausschnitts, dessen Winkel am Brennpuncte der Ellipse man kennt.

Ist nämlich die Umlaufszeit T eines Planeten in Tagen und der Augenblick bekannt, wo er durch sein Perihelium ging, so weiſs man auch, daſs die von seinem Radius Vector seit diesem Durchgange durch das Perihelium beschriebene Fläche in 1, 2, 3.. Tagen gleich $\frac{F}{T}$, $\frac{2F}{T}$, $\frac{3F}{T}$ . . . beträgt, wo F die Fläche der ganzen Ellipse bezeichnet, die bekanntlich gleich dem Producte ihrer beiden Halbaxen in die Ludolph'sche Zahl 3,1415926 ist. Man kann demnach diese Fläche für jeden gegebenen Augenblick finden, und es ist nur noch übrig, aus der so bekannten Fläche dieses elliptischen Sectors seinen Winkel am Brennpuncte oder die sogenannte *wahre Anomalie* und die Gröſse des Radius Vector selbst an der Grenze dieses Sectors durch Rechnung zu bestimmen, was bloſs ein Gegenstand der reinen Geometrie ist. Diesen zweiten Theil unsers Problems findet man bereits oben[1] aufgelöst, wenigstens in seinen Hauptmomenten. Was dazu noch Bemerkenswerthes und oft selbst Nothwendiges gehört, findet man am Ende des gegenwärtigen Artikels, übrigens ohne Beweise zusammengestellt, die hier zu viel Raum erfordern würden.

Das Vorhergehende enthält die einfachste und natürlichste Darstellung des Gegenstandes. Allein in den älteren und selbst noch in mehrern neuern astronomischen Schriften pflegt man zur Auflösung dieses Problems sich eines zweiten, imaginären Planeten zu bedienen, der erstens mit dem wahren Planeten immer *zugleich* durch die groſse Axe der Bahn (durch das Perihelium und Aphelium des Planeten) und der zweitens in völlig *gleichförmiger* Bewegung (d. h. stets mit derselben Geschwindigkeit) um die Sonne geht. Dieser imaginäre Planet wird der *mittlere* genannt und man sieht, daſs seine Umlaufszeit um die Sonne mit jener des wahren Planeten von gleicher Dauer ist.

Sey C der Mittelpunct und F, F' die beiden Brennpuncte Fig.
der Ellipse P M A M'', deren groſse Axe also A C B ist. Wenn 319.

1 Bd. I. S. 295.

die Sonne in dem Brennpuncte F ist, so nennt man die beiden Endpuncte P und A der grofsen Axe die *Apsiden* und zwar den Punct P das Perihelium oder die Sonnennähe und den Punct A das Aphelium oder die Sonnenferne des Planeten. Beschreibt man aus dem Brennpuncte F als Mittelpunct einen Kreis mit einem willkürlichen Halbmesser Fp oder Fa, der etwa das Mittel aus den beiden Halbaxen der Ellipse ist, und nimmt man an, dafs in der Peripherie p m a m″ dieses Kreises ein Punct sich gleichförmig und so bewege, dafs er mit dem wahren, in der Ellipse P M A M″ sich bewegenden Planeten immer zugleich durch die grofse Axe A P, also durch p und a gehe, wenn der Planet durch P und A geht, so stellt dieser Punct den oben erwähnten *mittleren* Planeten vor.

Die Winkel PFM, PFM′, PFM″.. nennt man die *wahre Anomalie*, die ihnen entsprechenden pFm, pFm′, pFm″.. aber die *mittlere Anomalie* des Planeten. Diese letzte erhält man durch eine einfache Addition oder Subtraction. Wenn z. B. die Umlaufszeit eines Planeten 100 Tage beträgt und wenn bereits bekannt ist, dafs er am 1. März Mittags durch sein Perihelium ging, so wird man die mittlere Anomalie für jeden andern Tag, z. B. für den 10. Mai Mittags sehr leicht finden. Denn da der mittlere Planet sich ebenfalls in 100 Tagen in seinem Kreise p m a und zwar gleichförmig, bewegt und da er überdiefs mit dem wahren Planeten zu gleicher Zeit durch die grofse Axe A C p ging, so wird er, da er den 10. Mai um 70 Tage von dem 1. März entfernt ist, in dieser Zwischenzeit $\frac{70}{100}$mal 360 Grade oder 252 Grade beschrieben haben; der Bogen p m a m″ seines Kreises oder, was dasselbe ist, der Winkel an F, der zu diesem Bogen gehört, d. h. also die mittlere Anomalie des Planeten wird am 10. Mai 252 Grade betragen, und es wird nun nur noch darauf ankommen, aus dieser mittlern Anomalie auch die wahre Anomalie und den Radius Vector FM, FM′.. des Planeten abzuleiten, um dadurch den wahren Ort des Planeten in seiner elliptischen Bahn zu erhalten. Diese Ableitung aber ist es, von der oben gesagt wurde, dafs sie nur mit Hülfe des zweiten Gesetzes von Kepler gegeben werden kann, indem der Kreisbogen pm oder pm′.. sich ebenso verhält oder mit der Zeit gleichförmig

ebenso wächst, wie die Fläche PMF, PM'F.. des elliptischen Sectors, vorausgesetzt dafs der wahre Planet in den Puncten M, M', M''.. ist, wenn der mittlere in denselben Augenblicken die Puncte m, m', m''.. einnimmt.

Man sieht schon aus der Zeichnung, dafs, so lange die wahre Anomalie PFM kleiner als 180 Grade ist, der wahre Planet immer *vor* dem mittlern voraus ist. Das Gegentheil findet statt, wenn die wahre Anomalie gröfser als 180° ist. Da nämlich der wahre Planet in der Nähe seines Periheliums P die gröfste und in der Nähe seines Apheliums A die kleinste Geschwindigkeit hat, während die des mittlern Planeten immer dieselbe und zwar nahe das Mittel aus jenen beiden Geschwindigkeiten ist, so eilt der wahre Planet dem mittlern in derjenigen Hälfte PMA seiner Bahn voraus, in welcher er von dem Perihelium zu dem Aphelium übergeht, während er in der andern Hälfte AM''M'''P aus derselben Ursache hinter dem mittleren Planeten zurückbleibt.

I. Um die oben erwähnten, hierher gehörenden Ausdrücke zum bequemen Gebrauche zusammenzustellen, wollen wir durch a die halbe grofse Axe, durch $a\varepsilon$ die Excentricität der elliptischen Bahn, durch m die mittlere, durch ν die wahre Anomalie und endlich durch r den Radius Vector des Planeten bezeichnen. Dieses vorausgesetzt findet man für jede Zeit t seit dem bekannten Durchgange des Planeten durch sein Perihelium (wo t in Tagen und Theilen des Tages ausgedrückt wird) die mittlere Anomalie m des Planeten durch den Ausdruck

$$m = 0{,}9856083 \cdot \frac{t}{a^{\frac{3}{2}}},$$

wo m in Graden und Theilen des Grades erhalten wird.

Kennt man so den Werth von m, so suche man die Hülfsgröfse u (die man auch die excentrische Anomalie nennt) durch die Gleichung

$$m = u - \varepsilon \,\text{Sin.}\, u$$

und dann erhält man die wahre Anomalie ν und den Radius Vector r mittelst der Ausdrücke

$$\text{Tang.}\tfrac{1}{2}\nu = \text{Tang.}\tfrac{1}{2}u \cdot \sqrt{\frac{1+\varepsilon}{1-\varepsilon}} \text{ und}$$

$$r = a\,(1 - \varepsilon \,\text{Cos.}\, u).$$

II. Zwischen diesen Gröſsen m, u, ν und r giebt es noch mehrere Relationen, deren Kenntniſs in der Astronomie oft sehr nützlich ist. Die vorzüglichsten derselben sind folgende, in welchen der Kürze wegen $\varepsilon = \text{Sin.}\,\Theta$ gesetzt worden ist.

$$r = \frac{a\,\text{Cos.}^2\,\Theta}{1+\varepsilon\,\text{Cos.}\,\nu} = a\,\text{Cos.}\,\Theta\,\frac{\text{Sin.}\,u}{\text{Sin.}\,\nu},$$

$$\text{Cos.}\,u = \frac{\varepsilon + \text{Cos.}\,\nu}{1+\varepsilon\,\text{Cos.}\,\nu} = \frac{a-r}{a\varepsilon},$$

$$\text{Cos.}\,\nu = \frac{\text{Cos.}\,u-\varepsilon}{1-\varepsilon\,\text{Cos.}\,u} = \frac{a}{r}(\text{Cos.}\,u-\varepsilon) = \frac{a\,\text{Cos.}^2\,\Theta - r}{r\varepsilon},$$

$$\frac{\text{Cos.}\,\tfrac{1}{2}\,u}{\text{Cos.}\,\tfrac{1}{2}\,\nu} = \sqrt{\frac{r}{a(1-\varepsilon)}},\quad \frac{\text{Sin.}\,\tfrac{1}{2}\,u}{\text{Sin.}\,\tfrac{1}{2}\,\nu} = \sqrt{\frac{r}{a(1+\varepsilon)}},$$

$$\text{Sin.}\,\tfrac{1}{2}(\nu-u) = \text{Sin.}\,u\,\text{Sin.}\,\tfrac{1}{2}\,\Theta\,.\sqrt{\frac{a}{r}} = \frac{\text{Sin.}\,\nu\,\text{Sin.}\,\tfrac{1}{2}\,\Theta}{\text{Cos.}\,\Theta}\,.\sqrt{\frac{r}{a}},$$

$$\text{Sin.}\,\tfrac{1}{2}(\nu+u) = \text{Sin.}\,u\,\text{Cos.}\,\tfrac{1}{2}\,\Theta\,.\sqrt{\frac{a}{r}} = \frac{\text{Sin.}\,\nu\,\text{Cos.}\,\tfrac{1}{2}\,\Theta}{\text{Cos.}\,\Theta}\,.\sqrt{\frac{r}{a}}.$$

Die vorhergehenden Ausdrücke sind sämmtlich ganz genau, aber zur Berechnung oft nicht bequem. Die folgenden setzen die Excentricität $a\varepsilon$ gegen die halbe groſse Axe a der Bahn nur gering voraus, wie dieses bei den meisten Planeten in der That der Fall ist, und dadurch lassen sich die Gröſsen ν, r, u in Reihen entwickeln, die nach den Potenzen von ε fortgehn und die in vielen Fällen, besonders in der Theorie der Störungen sehr nützlich sind.

Der Radius Vector wird durch die mittlere Anomalie auf folgende Weise ausgedrückt:

$$\begin{aligned}\frac{r}{a} = 1 - \varepsilon\,\text{Cos.}\,m - \frac{\varepsilon^2}{1.2}(\text{Cos.}\,2m-1) \\ - \frac{\varepsilon^3}{1.2.2^2}(3\,\text{Cos.}\,3m - 3\,\text{Cos.}\,m) \\ - \frac{\varepsilon^4}{1.2.3.2^3}(4^2\,\text{Cos.}\,4m - 4.2^2\,\text{Cos.}\,2m) - .\end{aligned}$$

Die wahre und excentrische Anomalie können, eine durch die andere, auf folgende Art gegeben werden:

$$\tfrac{1}{2}u = \tfrac{1}{2}\nu - k\,\text{Sin.}\,\nu + \tfrac{1}{2}k^2\,\text{Sin.}\,2\nu - \tfrac{1}{3}k^3\,\text{Sin.}\,3\nu + \ldots..$$
$$\tfrac{1}{2}\nu = \tfrac{1}{2}u + k\,\text{Sin.}\,u + \tfrac{1}{2}k^2\,\text{Sin.}\,2u + \tfrac{1}{3}k^3\,\text{Sin.}\,3u + \ldots..$$

$$\text{wo } k = \frac{\varepsilon}{1+\sqrt{1-\varepsilon^2}} \text{ ist.}$$

Um die mittlere Anomalie durch die wahre auszudrücken, hat man $m = \nu - 2\varepsilon \text{Sin.}\,\nu + 2k(\varepsilon - \frac{1}{2}k)\,\text{Sin.}\,2\nu$

$$- 2k^2(\varepsilon - \tfrac{2}{3}k)\,\text{Sin.}\,3\nu$$
$$+ 2k^3(\varepsilon - \tfrac{3}{4}k)\,\text{Sin.}\,4\nu - \ldots,$$

wo k dieselbe Bedeutung hat.

Die wahre Anomalie endlich wird durch die mittlere nach folgendem Ausdrucke gegeben:

$$\nu = m + 2\varepsilon\,\text{Sin.}\,m + \tfrac{5}{4}\varepsilon^2\,\text{Sin.}\,2m$$
$$+ \frac{\varepsilon^3}{4}(\tfrac{13}{3}\,\text{Sin.}\,3m - \text{Sin.}\,m)$$
$$+ \frac{\varepsilon^4}{24}(\tfrac{103}{4}\,\text{Sin.}\,4m - 11\,\text{Sin.}\,2m),$$

welche letzte Reihe, als die wichtigste, man noch auf die höhern Potenzen von ε fortgeführt findet in Delambre's neuesten Sonnentafeln, in v. Zach's Mon. Corresp. Bd. XI und XVIII. und in v. Lindenau's und Bohnenberger's Zeitschrift Bd. V.

L.

Molybdän.

Wasserbleimetall; *Molybdaenum;* Molybdène; *Molybdenum.* Als Schwefelmolybdän und molybdänsaures Bleioxyd sparsam in der Natur verbreitet. Silberweiſs von 8,6 spec. Gewicht, nicht sehr spröde, nur im heftigsten Essenfeuer schmelzbar. Es bildet mit Sauerstoff:

1) *Molybdänoxydul* (48 Molybdän auf 8 Sauerstoff); pechschwarz, bildet mit Wasser ein schwarzes Hydrat und mit Säuren schwarze oder purpurfarbige Auflösungen, die mit Alkalien einen schwarzen Niederschlag geben.

2) *Molybdänoxyd* (48 Molybdän auf 16 Sauerstoff); dunkelbraunes Pulver oder dunkel kupferrothe Krystallschuppen, von 5,606 spec. Gewicht, liefert mit Wasser ein braunes Hydrat und eine gelbe lackmusröthende Auflösung, die sich an der Luft grün, dann blau färbt; die Molybdänoxydsalze sind schwarz und lösen sich im Wasser mit rothbrauner Farbe, durch Alkalien rostbraun fällbar.

2) *Molybdänsäure* (48 Molybdän auf 24 Sauerstoff); kry-

stallisirt in weißen glänzenden Blättchen und Nadeln, wird in der Hitze gelb, schmilzt bei der Rothglühhitze und verdampft bei stärkerer unzersetzt, röthet Lakmus, schmeckt scharf metallisch, löst sich in 500 Theilen Wasser, reichlicher, mit gelbbrauner Farbe, in Säuren, erzeugt mit den Salzbasen die molybdänsauren Salze, die gewöhnlich farblos oder gelb und meistens nicht im Wasser löslich sind.

Durch theilweise Oxydation des Molybdänoyds oder Reduction der Molybdänsäure entsteht eine blaue, mit dunkelblauer Farbe im Wasser lösliche Verbindung von Molybdänoxyd und Molybdänsäure, früher als molybdänige Säure unterschieden.

G.

Moment.

Momentum; moment; *moment.* Ein Ausdruck, der wohl auch sonst unter mancherlei Bedeutungen, besonders aber in der Mechanik oft gebraucht und gemißsbraucht worden ist. Brisson, Descartes, Galilei, Wallis und selbst mehrere neuere Schriftsteller über Mechanik haben dieses Wort unter oft sehr verschiedenen Bedeutungen gebraucht und auch zugleich mehrere Arten von Momenten eingeführt, wodurch mancherlei Irrungen entstanden sind. Wir unterscheiden jetzt gewöhnlich nur zwei Gattungen: das *statische Moment* und das *Moment der Trägheit.* Da beide in der Wissenschaft sehr wichtig sind, so wird es angemessen seyn, das Vorzüglichste von ihnen hier kurz zusammenzustellen.

Das statische Moment einer Kraft heißt das Product dieser Kraft in die senkrechte Distanz ihrer Richtung von einem Puncte oder von einer geraden Linie oder endlich von einer Ebene. Diese senkrechte Distanz kann nämlich als ein *Hebelarm*, durch welchen diese Kraft wirkt, betrachtet werden.
Fig. 820. Bei dem gewöhnlichen einfachen Hebel A B, dessen Stützpunct C ist, muß sich bekanntlich bei dem Gleichgewichte die Kraft P zur Last Q verhalten, wie verkehrt die Abstände der Richtungen dieser Kräfte von dem Ruhepuncte, oder es muß

$$P.CA = Q.CB,$$

d. h. die Momente beider Kräfte P und Q müssen für das

Gleichgewicht einander gleich seyn. Dann wirken nämlich beide Kräfte gleich stark gleich auf die Drehung des Hebels um den Punct C. Man kann daher dieses Product P.CA oder Q.CB als den Ausdruck der Gewalt ansehn, mit welcher die Kraft P oder die Kraft Q den Hebel um seinen Ruhepunct C zu drehn strebt. Daher kommt ihm, der Worterklärung gemäfs, der Name Moment zu.

A. In diesem einfachen ersten Beispiele ist der Hebel eine gerade horizontale Linie und die Richtungen AP, PQ der beiden Kräfte sind unter sich parallel und auf jene Linie senkrecht. Allein derselbe Satz von der Gleichheit der Momente für das Gleichgewicht gilt auch für jede andere Gestalt des Hebels und für alle Richtungen der beiden Kräfte. Sey der Hebel ACB irgend eine krumme Linie und AP, BQ Fig. 321. die Richtungen der beiden Kräfte P und Q. Zieht man von dem Unterstützungspuncte C auf die Richtungen dieser Kräfte die senkrechten Linien $Ca = p$ und $Cb = q$, so mufs für das Gleichgewicht seyn

$$Pp = Qq$$

oder die Momente der beiden Kräfte müssen gleich grofs seyn.

B. Hat man einen mit mehrern Gewichten P, P′, P″.. Fig. 322. beschwerten Hebel A A′ A″, so nehme man in dieser Linie irgendwo willkürlich einen Punct O und setze die bekannten Distanzen der Angriffspuncte A, A′, A″.. dieser Kräfte von jenem Puncte $OA = a$, $OA' = a'$, $OA'' = a''$ u. s. w. Ist dann $x = OC$ die gesuchte Entfernung des Anfangspunctes O von demjenigen Puncte C, in welchem der Hebel unterstützt werden mufs, wenn er unter der Wirkung aller dieser Kräfte P, P′, P″.. im Gleichgewichte bleiben soll, so hat man

$$x = \frac{aP + a'P' + a''P'' + ..}{P + P' + P'' + ..}$$

oder

$$x(P + P' + P'' + ..) - aP - a'P' - a''P'' - .. = 0,$$

so dafs also auch hier für das Gleichgewicht die Summe aller Momente gleich Null seyn mufs, wenn man die nach entgegengesetzten Richtungen wirkenden Kräfte einander entgegengesetzt nimmt. Die letzte Gleichung führt unmittelbar auf die Bestimmung des *Schwerpuncts* der Linien, Flächen und Körper, da der Unterstützungspunct C des Hebels, für den Fall

des Gleichgewichts, nichts anders als der Schwerpunct aller Gewichte P, P', P''.. ist, die den Hebel beschweren. Man findet nämlich den Abstand des Schwerpunctes eines Körpers von einer gegebenen Geraden, wenn man das Moment eines jeden Elements des Körpers in Beziehung auf jene Grade integrirt und die so erhaltene Gröfse durch die Summe aller Elemente des Körpers dividirt. So ist für eine krumme Linie das Element derselben $ds = \sqrt{dx^2 + dy^2}$ und dessen Moment in Beziehung auf die Axe der y gleich $x\,ds$, so wie in Beziehung auf die Axe der x gleich $y\,ds$. Nennt man daher X und Y die den x und y parallelen Coordinaten des Schwerpuncts der krummen Linie, so hat man

$$X = \frac{\int x\,ds}{s} \text{ und } Y = \frac{\int y\,ds}{s}.$$

Ebenso findet man die Coordinaten des Schwerpuncts der Fläche, welche von einer krummen Linie begrenzt wird, durch die Ausdrücke

$$X = \frac{\int xy\,dx}{\int y\,dx} \text{ und } Y = \frac{\int y^2\,dx}{\int y\,dx} \text{ u. s. w.}$$

Fig. 823. u. 824. C. Wenn bei dem einfachen Hebel mit parallelen Richtungen der Kräfte oder auch bei dem gebrochenen Hebel mit willkürlichen Richtungen der Kräfte P, P', P'' diejenigen Kräfte, welche den Hebel nach einer, und P''', P^v.. die, welche ihn nach der andern Seite zu drehn suchen, bezeichnen und man R die aus allen diesen Kräften resultirende Kraft nennt, die den Hebel nach derselben Seite, wie P, P', P''.. dreht, so nehme man wieder, wie zuvor, in der Ebene aller dieser Kräfte irgend einen willkürlichen Punct O an. Es seyen $OA = a$, $OA' = a'$, $OA'' = a''$.. die senkrechten Linien, die man von diesem Puncte O auf die Richtungen der Kräfte AP, A'P', A''P''.. gezogen hat, und ebenso sey $OC = r$ das Loth von O auf die Richtung CR der mittleren oder resultirenden Kraft R. Dieses vorausgesetzt hat man für das Gleichgewicht aller dieser Kräfte

$$Rr = Pa + P'a' + P''a'' - P'''a''' - P^{\text{IV}}a^{\text{IV}}.$$

Sind schon die Kräfte P, P', P''.. ohne die Kraft R unter sich im Gleichgewichte, so ist ihre mittlere Kraft $R = 0$ und man hat

$$0 = Pa + P'a' + P''a'' - P'''a''' - P^{\text{IV}}a^{\text{IV}} - ..,$$

wiezuvor, so daſs also, im Falle des Gleichgewichts, die Summe der Momente der sämmtlichen Kräfte in Beziehung auf jeden Punct O gleich Null seyn muſs. Dieser Ausdruck enthält zugleich das bekannte *Princip der virtuellen Geschwindigkeiten*.

Das Vorhergehende wird zugleich als ein Zusatz dessen dienen, was oben[1] über die Theorie des Hebels gesagt worden ist.

D. Das statische Moment hat in der Mechanik noch eine viel weiter gehende Anwendung und zwar vorzüglich auf die Bestimmung der *drehenden Bewegung* eines Körpers. Wenn die sämmtlichen, auf einen Körper oder auf ein System von Körpern wirkenden Kräfte P, P′, P″... sich auf drei unter einander senkrechte Kräfte X, Y, Z bringen lassen, so ist für sich klar, daſs das System in Ruhe oder im Gleichgewichte bleiben muſs, wenn jede dieser drei Kräfte für sich aufgehoben wird oder gleich Null ist. Die Bedingungen des Gleichgewichts sind daher, wie bekannt,

$$X=0,\ Y=0,\ Z=0.$$

Aber dieses gilt offenbar nur von der *fortschreitenden Bewegung* des Systems im Raume. Allein wenn ein solches System, unter die Wirkung jener Kräfte gestellt, auch keine solche fortschreitende Bewegung haben kann, so wird es sich doch noch vielleicht um irgend einen innern oder äuſsern Punct drehn können. Zum vollkommenen Gleichgewichte des Systems wird also erfordert werden, daſs nicht nur die progressive, sondern auch die rotirende Bewegung des Systems gänzlich aufgehoben werde. Die Bedingungen für den letzten Fall sind daher noch anzugeben. Wir wollen dieses auf eine ebenso einfache als allgemeine Art zu leisten suchen.

Zuerst ist auch hier, wie bei der progressiven Bewegung, für sich klar, daſs die rotirende Bewegung eines Systems ganz aufgehoben seyn wird, wenn sie nur für drei unter einander senkrechte Axen aufgehoben ist. Wir wollen dafür die drei Coordinatenaxen der x, y, z nehmen.

Suchen wir demnach die Bedingung, die statt haben muſs, wenn das System in Beziehung auf drehende Bewegung um eine dieser Axen, z. B. um die Axe der z, im Gleichgewichte seyn soll.

---

1 S. Art. *Hebel.* Bd. V. S. 105.

Fig. 325. Seyen CX, CY, CZ die drei senkrechten Coordinatenaxen der x, y, z. Man nehme zwischen diesen drei Axen irgendwo im Raume den Punct A, welcher den Angriffspunct irgend einer Kraft P bezeichnen soll, deren Richtung mit den Axen der x, y, z die Winkel α, β, γ bildet. Fällt man von diesem Puncte A ein Loth auf die Ebene der xy, so dafs dasselbe diese Ebene in A′ trifft, und zieht man dann von dem Puncte A′ in der Ebene der xy ein Loth auf die Axe der x, wo dieses Loth die Axe der x in dem Puncte D trifft, so sind $CD = x$, $DA' = y$ und $A'A = z$ die drei Coordinaten des Angriffspuncts A der Kraft P.

Läfst man dann die gerade Linie $A\mu$, welche die Gröfse und Richtung dieser Kraft P vorstellt, mit sich selbst parallel herab, bis ihr Angriffspunct A in der Ebene der xy in den Punct A′ fällt, so soll dann A′M die so herabgelassene Kraft P in ihrer Gröfse und Richtung vorstellen.

Man zerlege diese Kraft $A'M = P$ in ihre drei senkrechten Seitenkräfte $A'B = X$, $A'E = Y$ und $A'F = M'M = Z$, indem man das rechtwinklige Parallelepipedum zeichnet, dessen Diagonale A′M ist und dessen Seiten mit der Axe der x, y, z parallel sind. In demselben ist der Winkel $MA'B = \alpha$, $MA'E = \beta$ und $MA'F = \gamma$, also auch $X = P \text{ Cos. } \alpha$, $Y = P \text{ Cos. } \beta$ und $Z = P \text{ Cos. } \gamma$.

Von diesen drei Seitenkräften X, Y, Z fällt aber hier, wo man blofs die Rotation um die Axe der Z betrachtet, die letzte Kraft Z ganz weg, weil diese Kraft der Axe der z parallel ist und daher offenbar auf die Drehung des Systems um diese Axe keinen Einflufs haben kann. Wir haben demnach hier blofs die Wirkungen der beiden Kräfte $A'B = X$ und $A'E = Y$ zu untersuchen.

Denkt man sich den Punct A′ auf irgend eine Art durch feste Linien oder Stangen A′D und DC mit dem Puncte C verbunden, so wird die Kraft $A'E = \gamma$, da sie in der Richtung von A nach E wirkt und den Punct A′ um den Punct C oder um die Axe CZ vorwärts oder von A′ nach C′Y zu drehn sucht, und zwar desto stärker, je gröfser erstens die Intensität Y dieser Kraft und je gröfser zweitens die Entfernung des Punctes A′ von dem Puncte C oder von der Axe der y ist. Diese Entfernung des Puncts A′ von der Axe der y ist aber die auf der Richtung EA′D dieser Kraft Y senk-

rechte Gerade, d. h. die Gerade $CD = x$, so dafs daher diese Kraft Y den Punct A' mit der Gewalt Yx um die Axe CZ der z vorwärts drehn wird.

Ebenso wird aber auch die Kraft $X = A'B$ den Punct A' um die Axe der z und zwar rückwärts oder von A' gegen CX zu drehn, und gleichfalls desto stärker, je gröfser die Intensität X dieser Kraft und je gröfser ihre Entfernung von der Axe der x ist. Diese Entfernung ist aber $A'D = y$, also wird auch diese Kraft X den Punct A' mit der Gewalt Xy um die Axe der z rückwärts drehn.

Betrachtet man daher beide Drehungen zusammen, so hat man, da sie nach entgegengesetzten Richtungen statt haben, für die ganze Drehung des Systems, die aus der Wirkung der Kraft P um die Axe der z entsteht, den Ausdruck

$$Yx - Xy$$

oder, was dasselbe ist,

$$P(x \operatorname{Cos.} \beta - y \operatorname{Cos.} \alpha).$$

Auf ähnliche Weise wird die aus der Kraft P' entstehende Drehung des Systems um dieselbe Axe der z seyn

$$P'(x' \operatorname{Cos.} \beta' - y' \operatorname{Cos.} \alpha')$$

und so fort für alle übrigen.

Soll daher das System unter der Wirkung aller Kräfte P, P', P''... keine drehende Bewegung um die Axe der z haben, oder soll dasselbe, in Beziehung auf die Rotation um die Axe der z, im Gleichgewichte seyn, so wird man die Bedingungsgleichung haben

$$P(x \operatorname{Cos.} \beta - y \operatorname{Cos.} \alpha) + P'(x' \operatorname{Cos.} \beta' - y' \operatorname{Cos.} \alpha') + .. = 0$$

oder, wie man der Kürze wegen zu schreiben pflegt,

$$\Sigma . P(x \operatorname{Cos.} \beta - y \operatorname{Cos.} \alpha) = 0.$$

Völlig ähnliche Ausdrücke wird man in Beziehung auf die beiden andern Drehungen, um die Axe der y und der x, haben. Verwandelt man nämlich die vorhergehenden Gröfsen

xyz und $\alpha\beta\gamma$
in derselben Ordnung in zxy und $\gamma\alpha\beta$
und in yzx und $\beta\gamma\alpha$,

so erhält man die drei Gleichungen, welche das Gleichgewicht der drehenden Bewegung eines Körpers oder eines Systems von Körpern bestimmen[1]:

1 Vergl. Art. *Bewegung*. Bd. I. S. 944.

$$\left.\begin{array}{l}\Sigma.P(x\,Cos.\beta - y\,Cos.\alpha)=0\\ \Sigma.P(z\,Cos.\alpha - x\,Cos.\gamma)=0\\ \Sigma.P(y\,Cos.\gamma - z\,Cos.\beta)=0\end{array}\right\}\;\ldots\;(I)$$

E. Sey nun $\zeta = CQ'$ die kürzeste Distanz der Richtung der Kraft P von der Axe der z. Man erhält diese Distanz, wenn man die Diagonale M' A' des Parallelogramms A' B E M' verlängert und auf diese Verlängerung die senkrechte Gerade C Q' zieht. Man verlängere ebenso die Seite E A' des Parallelogramms A' E F, bis sie die Axe der x in D schneidet, und ziehe D Q mit A' Q' parallel. Ist dann der Winkel $BA'M' = A'HD = \varphi$, so hat man in den so entstehenden zwei rechtwinkligen sphärischen Dreiecken sofort die zwei Gleichungen

$$Cos.\alpha = Cos.\varphi\; Sin.\gamma \text{ und } Cos.\beta = Sin.\varphi\; Sin.\gamma.$$

Es ist aber $CQ = CD\; Sin.\varphi = x\; Sin.\varphi$ und $QQ' = HD\,Sin.\varphi$, also auch beider Differenz

$$CQ' = (x - HD)\; Sin.\varphi.$$

Allein $HD = A'D\; Cotg.\varphi = y\; Cotg.\varphi$ und daher CQ' oder

$$\zeta = x\; Sin.\varphi - y.Cos.\varphi.$$

Substituirt man in diesem Ausdrucke von z die Werthe von $Sin.\varphi$ und $Cos.\varphi$ aus den beiden ersten Gleichungen, so hat man

$$x\,Cos.\beta - y\; Cos.\alpha = \zeta\; Sin.\gamma.$$

Die erste der Gleichungen (I) läſst sich daher auch kürzer so ausdrücken

$$\Sigma.P\zeta Sin.\gamma = 0.$$

Nennt man ebenso v und ξ die kürzesten Distanzen der Richtung der Kraft P von der Axe der y und der x, so hat man ebenso $z\,Cos.\alpha - x\,Cos.\gamma = v\,Sin.\beta$ und $y\,Cos.\gamma - z\,Cos.\beta = \xi\,Sin.\alpha$, so daſs man also auch für das Gleichgewicht der drehenden Bewegung hat

$$\left.\begin{array}{l}\Sigma.P\xi\; Sin.\alpha = 0\\ \Sigma.Pv\; Sin.\beta = 0\\ \Sigma.P\zeta\; Sin.\gamma = 0\end{array}\right\}\;\ldots\;(II)$$

Da man nun, nach dem Vorhergehenden, das *Moment* einer Kraft, in Beziehung auf eine gegebene Axe, das Product dieser nach einer auf jene Axe senkrechten Ebene zerlegten Kraft multiplicirt in das Loth, welches von jener Axe in derselben Ebene auf die Richtung dieser Kraft gefällt wird, nennt, so muſs nach den Gleichungen (II) für das Gleichgewicht der drehenden Bewegung die Summe der Momente aller auf das

System wirkenden Kräfte in Beziehung auf drei unter einander senkrechte Axen gleich Null seyn. Dasselbe folgt auch aus den Gleichungen (I), da z. B. $x . P \cos.\beta - y . P \cos.\alpha$ oder $xY - yX$ nichts anderes ist, als die Differenz der Momente der Kraft P in Beziehung auf die Axe der z.

Weiter ausgeführt und auf Körper von gegebener Gestalt angewendet findet man diese Betrachtungen im Artikel *Mechanik*.

Das *Moment der Trägheit* eines körperlichen Punctes in Beziehung auf einen Punct oder auf eine gerade Linie nennt man das Product der Masse dieses körperlichen Punctes in das Quadrat seiner Entfernung von dem gegebenen Puncte oder von der gegebenen geraden Linie.

A. Sey O m m' ein Hebel, an welchem die Massen m und m' in der Entfernung $Om = a$ und $Om' = a'$ von dem Drehungspuncte O angebracht sind. Wie müssen diese Massen beschaffen seyn, damit jede den Hebel in derselben Zeit durch denselben Winkel m O A oder m' O A' drehe? Fig. 326.

Denkt man sich in dem Puncte m das Gewicht oder die bewegende Kraft P und in dem Puncte m' die bewegende Kraft P', so wird man für das Gleichgewicht dieser beiden Kräfte am Hebel, nach dem, was oben bei Gelegenheit des statischen Moments gesagt worden ist, die Gleichung haben

$$Pa = P'a' \text{ oder } \frac{P}{P'} = \frac{a'}{a}.$$

Nach einem bekannten Princip der Mechanik nennt man aber die beschleunigende Kraft p das Verhältniſs des Differentials der Geschwindigkeit zu dem Differential der Zeit oder es ist $p = \frac{d\nu}{dt}$ und die bewegende Kraft eines Körpers ist gleich der Masse m dieses Körpers, multiplicirt in die beschleunigende Kraft, also gleich m p, oder es ist

$$P = \frac{m\,d\nu}{dt} \text{ und } P' = \frac{m'\,d\nu'}{dt}.$$

Hier sind aber die Geschwindigkeiten $d\nu$ und $d\nu'$ oder die unendlich kleinen Wege, welche die Körper während des ersten Augenblicks durchlaufen, gleich den Kreisbogen m A und m'A', und diese Kreisbogen verhalten sich, da sie gleichen

Winkeln zugehören, wie ihre Halbmesser a und a', so daſs man daher hat:

$$\frac{P}{P'} = \frac{m\,d\nu}{m'd\nu'} = \frac{m\,a}{m'a'}.$$

Setzt man diese beiden Ausdrücke von $\frac{P}{P'}$ einander gleich, so erhält man

$$\frac{m}{m'} = \frac{a'^2}{a^2},$$

oder wenn die Massen m und m', jede an ihrem Orte, den Hebel in derselben Zeit um denselben Winkel drehen sollen, so müssen sich diese Massen, wie verkehrt die Quadrate ihrer Entfernungen von dem Drehungspuncte verhalten oder die Momente der Trägheit dieser beiden Massen, d. h. die Gröſsen $m.a^2$ und $m'.a'^2$ müssen einander gleich seyn.

B. Denkt man sich an dieser Hebelstange mehrere unendlich kleine körperliche Massen, die wir d m, d m', d m''.. nennen wollen, in den Entfernungen a, a', a''... von dem Ruhepuncte O angebracht, so wird die Summe der Trägheitsmomente dieser Massen seyn

$$a^2\,dm + a'^2\,dm' + a''^2\,dm' + \ldots$$

Substituirt man statt dieser körperlichen Massen die Massenelemente der Hebelstange selbst, denkt man sich also diese Stange, deren Länge a und deren ganze Masse m seyn soll, als eine gerade Linie von durchaus gleicher und sehr geringer Dicke, so wird ein Element X dieser Stange, dessen Entfernung von O gleich $OX = x$ ist, die Masse $\frac{m\,dx}{a}$ haben, also wird auch das Trägheitsmoment dieses Elements gleich $x^2.\frac{m\,dx}{a}$ seyn und nach dem Geiste der Integralrechnung wird das Trägheitsmoment der ganzen Stange seyn

$$\int\frac{m\,x^2\,dx}{a} = \frac{m\,x^3}{3a} = \frac{m\,a^2}{3}.$$

C. Auf ähnliche, nur mehr zusammengesetzte Weise wird man auch das Trägheitsmoment eines jeden andern Körpers von gegebener Gestalt finden. Nennt man nämlich d m die Masse eines Elements irgend eines Körpers und sind x, y, z die rechtwinkligen Coordinaten dieses Elements, so wird, analog mit dem Vorhergehenden,

$$\int z^2 dm, \quad \int y^2 dm \text{ und } \int x^2 dm$$

das Trägheitsmoment des ganzen Körpers in Beziehung auf die Ebene der xy, der xz und der yz seyn, und ebenso werden auch die Gröfsen

$$A = \int (y^2 + z^2)\, dm, \quad B = \int (x^2 + z^2)\, dm \text{ und } C = \int (x^2 + y^2)\, dm$$

die Trägheitsmomente des ganzen Körpers in Beziehung auf die Coordinatenaxe der x, der y und der z seyn, weil in der That z. B. für das erste Moment die Gröfse $\sqrt{y^2 + z^2}$ gleich der Distanz des Elements von der Axe der x ist. Man sieht zugleich, wie man die Trägheitsmomente der Körper in Beziehung auf eine Ebene durch die Momente in Beziehung auf eine Linie finden kann, indem die vorhergehenden Gleichungen geben

$$\int x^2 dm = \tfrac{1}{2}(B + C - A),$$
$$\int y^2 dm = \tfrac{1}{2}(C + A - B),$$
$$\int z^2 dm = \tfrac{1}{2}(A + B - C).$$

Wenn nun die statischen Momente für die Theorie der Rotation schon sehr wichtig sind, so sind die Momente der Trägheit in dieser Lehre von noch gröfserer Bedeutung. Ueberhaupt hat man in der Mechanik drei Gattungen von begrenzten Intervallen (*intégrales définies*), auf welche die gesammte Theorie der Bewegung der Körper von gegebener Gestalt gleichsam gebaut ist. Die ersten sind

$$\int x\, dm, \quad \int y\, dm, \quad \int z\, dm,$$

und diese bestimmen den Ort des *Schwerpuncts* des Körpers, wie im Artikel „*Mechanik*" gezeigt wird. Nennt man nämlich ξ, v, ζ die drei Coordinaten des Schwerpuncts und m die Masse des ganzen Körpers, so hat man

$$\xi = \frac{1}{m}\int x\, dm, \quad v = \frac{1}{m}\int y\, dm \text{ und } \zeta = \frac{1}{m}\int z\, dm.$$

Die zweiten der oben erwähnten Integrale sind

$$\int xy\, dm = 0, \quad \int xz\, dm = 0 \text{ und } \int yz\, dm = 0.$$

Man zeigt in der Mechanik, dafs man in jedem Körper, wo immer man auch den Anfangspunct der Coordinaten x, y, z annehmen will, die drei Axen dieser rechtwinkligen Coordinaten doch stets so legen kann, dafs die drei vorhergehenden Gleichungen statt haben und dafs dann diese drei Coordinatenaxen mit den drei sogenannten *Hauptaxen* (die man auch *freie Axen* nennt) des Körpers zusammenfallen. Wenn näm-

lich auch keine äufseren Kräfte auf einen in drehender Bewegung befindlichen Körper wirken, so wird doch schon durch die Schwungkraft, die bei jeder Drehung statt hat, im Allgemeinen ein Druck auf die Rotationsaxe entstehn. Doch giebt es, wie man beweisen kann, in jedem Körper wenigstens drei unter sich senkrechte gerade Linien, die von der Rotation des Körpers, wenn sie um eine von diesen drei Axen statt hat, keinen Druck leiden und daher freie Axen oder Hauptaxen genannt werden. Die Lage dieser drei Hauptaxen wird aber eben durch die drei letzten Gleichungen bestimmt.

Die dritte Gattung von Integralen endlich ist

$$\int x^2 dm, \quad \int y^2 dm \text{ und } \int z^2 dm,$$

und diese bezeichnen, wie gesagt, die *Trägheitsmomente* des Körpers in Beziehung auf die coordinirten Ebenen der yz, xz und xy.

Wenn man bei der Bestimmung der Bewegung eines Körpers, der fortschreitenden sowohl als auch der rotirenden, auf den Schwerpunct und auf die drei Hauptaxen desselben gehörig Rücksicht nimmt, so werden die hier zu behandelnden Gleichungen viel einfacher, eben weil dann die zwei ersten der angeführten Integrale verschwinden.

D. Hier wird es angemessen seyn, einige der vorzüglichsten Eigenschaften der Trägheitsmomente eines Körpers kurz zusammenzustellen. Wir beschränken uns nur auf die Momente in Beziehung auf die drei Axen der x, y, z, die wir oben durch A, B, C bezeichnet haben, indem sich alle andere, wie man sehn wird, auf diese zurückführen lassen.

Wenn man das Trägheitsmoment μ eines Körpers in Beziehung auf eine durch den Schwerpunct desselben gehende gerade Linie oder Axe kennt, so findet man daraus leicht auch das Trägheitsmoment μ' dieses Körpers in Beziehung auf jede andere Axe, die mit jener Axe parallel ist. Denn ist z. B. die erste Axe die coordinirte Axe der z, die durch den Schwerpunct des Körpers gehn soll, in welchem wir nämlich den Anfang der drei Coordinaten annehmen, und ist a der senkrechte Abstand der neuen Axe von der alten und endlich m die Masse des ganzen Körpers, so hat man

$$\mu' = \mu + ma^2,$$

so dafs man also nur die Masse des Körpers multiplicirt in das

Quadrat des Abstandes beider Axen zu dem Momente der Trägheit in Beziehung auf die erste, durch den Schwerpunct gehende Axe addiren darf, um das Moment der Trägheit in Beziehung auf die neue Axe zu erhalten. In jedem Körper ist zugleich, wie die vorhergehende Gleichung zeigt, das Trägheitsmoment in Beziehung auf eine durch den Schwerpunct gehende Axe immer kleiner, als das Moment in Beziehung auf jede andere, mit jener parallelen Axe, da ma^2 immer eine positive Gröfse ist. Auch werden die Momente aller Axen, die gleich weit von der des Schwerpuncts entfernt und mit ihr parallel sind, gleich grofs seyn. Diese gleichen Momente werden sich auf diejenigen Axen beziehn, die einen Cylinder bilden, dessen Axe die durch den Schwerpunct gehende ist und dessen Basis ein Kreis ist.

E. Aber nicht blofs mit der Entfernung der neuen Axe von dem Schwerpuncte des Körpers ändert sich das Moment der Trägheit, sondern auch mit dem Winkel, welchen die neue Axe mit der durch den Schwerpunct gehenden macht. Man ziehe durch den Anfangspunct O die neue Axe ON mit irgend einer willkürlichen Lage, so dafs sie mit den drei Coordinatenaxen der x, y, z die Winkel α, β, γ bilde. Sey M der Ort eines Elements dm des Körpers und $MN = p$ das Loth von diesem Elemente auf die neue Axe. Die Entfernung des Elements vom Anfangspuncte sey $OM = r$ und endlich der Winkel, welchen diese Entfernung mit der neuen Axe bildet, oder $MON = \omega$. Dieses vorausgesetzt hat man, da x, y, z die Coordinaten des Elements dm sind, für die Cosinus der Winkel, welche die Entfernung r dieses Elements mit den Axen der x, y, z macht, die Ausdrücke Fig. 327.

$$\frac{x}{r},\ \frac{y}{r} \text{ und } \frac{z}{r},$$

also hat man auch nach einem bekannten Satze der analytischen Geometrie

$$\text{Cos.}\,\omega = \frac{x}{r}\,\text{Cos.}\,\alpha + \frac{y}{r}\,\text{Cos.}\,\beta + \frac{z}{r}\,\text{Cos.}\,\gamma.$$

Weiter ist in dem Dreiecke OMN

$$p = r\,\text{Sin.}\,\omega \text{ oder}$$
$$p^2 = r^2 - (r\,\text{Cos.}\,\omega)^2$$

und daher, da $r^2 = x^2 + y^2 + z^2$ ist, wenn man den vorhergehenden Werth von Cos. ω substituirt,

$$p^2 = x^2 \operatorname{Sin.}^2\alpha + y^2 \operatorname{Sin.}^2\beta + z^2 \operatorname{Sin.}^2\gamma$$
$$- 2xy \operatorname{Cos.}\alpha \operatorname{Cos.}\beta - 2xz \operatorname{Cos.}\alpha \operatorname{Cos.}\gamma - 2yz \operatorname{Cos.}\beta \operatorname{Cos.}\gamma,$$

so dafs man daher für das Moment der Trägheit in Beziehung auf die neue Axe ON haben wird

$$\int p^2 dm = \operatorname{Sin.}^2\alpha . \int x^2 dm + \operatorname{Sin.}^2\beta . \int y^2 dm + \operatorname{Sin.}^2\gamma . \int z^2 dm .$$
$$- 2 \operatorname{Cos.}\alpha \operatorname{Cos.}\beta . \int xydm - 2 \operatorname{Cos.}\alpha \operatorname{Cos.}\gamma . \int xzdm$$
$$- 2 \operatorname{Cos.}\beta \operatorname{Cos.}\gamma . \int yzdm.$$

Durch diese Gleichung wird man daher das Trägheitsmoment $\int p^2 dm$ des Körpers in Beziehung auf irgend eine Axe, die durch den Anfangspunct der Coordinaten geht und mit x, y, z die Winkel α, β, γ macht, bestimmen können, wenn man nur die sechs Integrale der letzten Formel kennt, die sich auf die ganze Masse des Körpers erstrecken und die sich auf die gewählten drei Coordinatenaxen der x, y, z beziehn. Hat man aber diese drei Axen so gewählt, dafs sie zugleich die Hauptaxen des Körpers sind, so verschwinden nach dem Vorhergehenden die drei letzten Integrale und die vorhergehende Gleichung wird in die folgende einfachere übergehn

$$\int p^2 dm = \operatorname{Sin.}^2\alpha . \int x^2 dm + \operatorname{Sin.}^2\beta . \int y^2 dm + \operatorname{Sin.}^2\gamma . \int z^2 dm .$$

Da man aber allgemein hat $\operatorname{Cos.}^2\alpha + \operatorname{Cos.}^2\beta + \operatorname{Cos.}^2\gamma = 1$, so wird der letzte Ausdruck sich in den folgenden verwandeln

$$\int p^2 dm = (\int y^2 dm + \int z^2 dm) \operatorname{Cos.}^2\alpha$$
$$+ (\int z^2 dm + \int x^2 dm) \operatorname{Cos.}^2\beta$$
$$+ (\int x^2 dm + \int y^2 dm) \operatorname{Cos.}^2\gamma,$$

oder endlich, wenn man die vorigen Bedeutungen der Gröfsen A, B, C beibehält,

$$\int p^2 dm = A \operatorname{Cos}^2\alpha + B \operatorname{Cos.}^2\beta + C \operatorname{Cos.}^2\gamma .$$

Man braucht also nur die drei Trägheitsmomente A, B, C eines Körpers in Beziehung auf seine drei Hauptaxen zu kennen, die sich in irgend einem Puncte des Körpers schneiden, um daraus sofort auch das Moment des Körpers in Beziehung auf jede andere, durch denselben Punct gehende Axe abzuleiten. Verbindet man die letzte Gleichung mit der oben erhaltenen

$$\mu' = \mu + ma^2,$$

so sieht man, dafs die Bestimmung aller Trägheitsmomente eines Körpers sich auf die Berechnung der drei Hauptmomente, die dem Schwerpuncte des Körpers entsprechen, zurückführen läfst.

Aus dem Vorhergehenden lassen sich noch mehrere wichtige Eigenschaften der Trägheitsmomente eines Körpers ableiten. Sind z. B. wieder A, B, C die Momente für die drei Hauptaxen und ist eines von ihnen, z. B. das Moment A, das gröfste und B das kleinste von diesen drei Hauptmomenten, so ist auch A das gröfste und B das kleinste von allen möglichen Momenten in Beziehung auf alle Axen, die durch den Anfang der Coordinaten gehn.

Sind alle drei Hauptmomente $A = B = C$ unter sich gleich, so sind alle übrige Momente des Körpers ebenso grofs, die sich auf Axen beziehn, welche ebenfalls durch den Anfang der Coordinaten gehn, wie dieses z. B. an der Kugel, im Würfel, im regelmäfsigen Oktaëder u. s. w. der Fall ist, wenn der Anfang der Coordinaten in dem Mittelpuncte des Körpers genommen wird.

Sind aber nur zwei Hauptmomente gleich und ist z. B. $A = B$, so sind auch alle diejenigen Momente unter sich gleich, die sich auf Axen beziehn, welche durch den Anfang der Coordinaten gehn und gegen die Axe der z um denselben Winkel geneigt sind. Dieses ist der Fall bei allen Körpern, die durch Rotation einer ebenen Figur um eine geradlinige Axe entstanden sind.

F. Beschliefsen wir diesen Gegenstand mit der Angabe der Trägheitsmomente der Hauptaxen für diejenigen Körper, die bei wissenschaftlichen und artistischen Untersuchungen am meisten vorkommen.

I. Für ein rechtwinkliges und in seiner Masse durchaus homogenes Parallelepipedum. Sind die drei Seiten desselben zugleich die Axen der x, y, z und nennt man a, b, c die Längen dieser Seiten, so hat man, wenn ϱ die Dichtigkeit der Masse, aus welcher der Körper besteht, bezeichnet, $dm = \varrho\, dx\, dy\, dz$, also auch, wenn C das sich auf die Axe der z beziehende Moment bedeutet,

$$C = \varrho \int\!\!\int\!\!\int (x^2 + y^2)\, dx\, dy\, dz,$$

vorausgesetzt dafs die Masse des Körpers in allen ihren Theilen homogen ist. Im entgegengesetzten Falle wird ϱ irgend eine Function von x, y und z seyn und man wird haben

$$C = \int\!\!\int\!\!\int (x^2 + y^2) . \varrho . dx\, dy\, dz.$$

Integrirt man diesen Ausdruck dreimal von x, y, z gleich Null

bis $x=a$, $y=b$ und $z=c$, so erhält man, wenn man der Kürze wegen $m=\varrho\, a\, b\, c$ setzt,

$$C=\tfrac{1}{3}m(a^2+b^2)$$

und ebenso $B=\tfrac{1}{3}m(a^2+c^2)$ und $A=\tfrac{1}{3}m(b^2+c^2)$.

Hier gehn also die Axen der x, y, z durch den Scheitel eines der acht Winkel des Parallelepipedums. Sollen sie aber durch den Schwerpunct desselben, der zugleich sein Mittelpunct ist, gehn und wie zuvor den drei Seiten des Körpers parallel seyn, so findet man folgende Trägheitsmomente:

$$C=\frac{m}{12}(a^2+b^2),$$

$$B=\frac{m}{12}(a^2+c^2),$$

$$A=\frac{m}{12}(b^2+c^2).$$

II. Für einen senkrechten Cylinder mit kreisförmiger Basis sey $2a$ die Höhe und r der Halbmesser der Basis, also $m=2\pi a r^2$ die Masse oder das Volumen desselben. Der Anfang der Coordinaten sey der Mittelpunct der Axe des Cylinders und diese Axe sey zugleich die coordinirte Axe der x, während die Ebene yz mit der Basis parallel seyn soll. Dieses vorausgesetzt hat man für das Trägheitsmoment des Cylinders in Beziehung auf diejenige Axe, welche durch den Mittelpunct der Basis geht und auf derselben senkrecht steht, oder in Beziehung auf die Axe der x

$$A=\int(y^2+z^2)\,dm=\tfrac{1}{2}mr^2$$

und ebenso erhält man das Trägheitsmoment für die Axe der y

$$B=\int(x^2+z^2)\,dm=m\left(\frac{a^2}{3}+\frac{r^2}{4}\right)$$

und endlich für die Axe der z

$$C=\int(x^2+y^2)\,dm=m\left(\frac{a^2}{3}+\frac{r^2}{4}\right),$$

so dafs daher $B=C$ ist.

III. Für eine Kugel, deren Halbmesser r ist. Sucht man das Moment der Kugel in Beziehung auf einen ihrer Durchmesser, so findet man $A=B=C$ und jedes dieser Momente gleich

$\frac{8}{15} r^2 \pi$ oder gleich $\frac{2}{5} r^2 m$,

wenn $m = \frac{4 \pi r^3}{3}$ die Masse der ganzen Kugel bezeichnet.

IV. Für eine Kugelschale von gegebener Dicke. Sucht man ihr Trägheitsmoment in Beziehung auf eine durch den Mittelpunct der Schale gehende Axe und ist a der Halbmesser der äufseren und b der innern Grenze der Schale, also auch ihre Masse

$$m = \frac{4\pi}{3} (a^3 - b^3),$$

so hat man für das gesuchte Moment

$$\mu = \frac{2m}{5} \cdot \frac{a^5 - b^5}{a^3 - b^3}.$$

Für $b = 0$, das heifst, für eine ganze Kugel hat man $\mu = \frac{2ma^2}{5}$, wie zuvor.

Ist die Dicke der Schale unendlich klein, also $a = b$, so hat man für das Moment der blofsen Oberfläche einer Kugel

$$\mu = \frac{2}{3} a^2 m.$$

Ist aber diese Dicke nur überhaupt sehr gering und $b = a - da$, so findet man für das Moment der Kugelschale

$$\mu = \frac{8}{3} a^4 \pi . da.$$

V. Für Körper, welche durch Rotation einer krummen Linie um eine gerade Linie entstehn. Sucht man das Moment dieser Körper in Beziehung auf diese gerade Linie, die zugleich die Axe der x seyn soll, und ist die Gleichung der Curve durch die beiden Coordinaten x und y gegeben, so hat man für das gesuchte Moment

$$\mu = \frac{\pi}{2} \int y^4 dx.$$

Für den Kreis z. B. ist $y^2 = 2ax - x^2$, wenn a den Halbmesser desselben bezeichnet, also hat man auch für das Moment eines Kugelstücks, zu welchem die Abscisse x gehört,

$$\mu = \frac{\pi}{2} (\tfrac{4}{3} a^2 x^3 - a x^4 + \tfrac{1}{5} x^5).$$

Für die ganze Kugel ist $x = 2a$, also auch $\mu = \frac{8 \pi a^5}{15}$, wie zuvor.

Ebenso hat man für den Kegel, der durch die Rotation der geraden Linie $y = ax + b$ entsteht,

$$\mu = \frac{\pi}{10a} (ah + b)^5,$$

wo $\frac{h}{b}$ die Höhe des Kegels bezeichnet.

Für das Moment des abgestumpften Kegels, dessen Höhe h ist, hat man

$$\mu = \frac{\pi}{10a} [(ah + b)^5 - b^5].$$

VI. Für ein Ellipsoid mit drei Axen endlich hat man die bekannte Gleichung

$$\frac{x^2}{a^2} + \frac{y^2}{b^2} + \frac{z^2}{c^2} = 1$$

und daraus findet man die drei Trägheitsmomente des Ellipsoids

für die Axe der $x \ldots \; A = \frac{m}{5} (b^2 + c^2)$,

$y \ldots \; B = \frac{m}{5} (a^2 + c^2)$,

$z \ldots \; C = \frac{m}{5} (a^2 + b^2)$,

wo $m = \frac{4\pi}{3} . abc$ das Volumen oder die Masse des Körpers bezeichnet. Setzt man in diesen Ausdrücken $a = b$, so erhält man für das Sphäroid, welches durch die Umdrehung einer Ellipse um ihre kleine Axe c entstanden ist,

$$A = B = \frac{m}{5} (a^2 + c^2) \text{ und } C = \tfrac{2}{5} a^2 m,$$

wo $m = \frac{4}{3} a^2 c \pi$ ist.

Ist endlich $a = b = c$, so erhält man für die Kugel, deren Halbmesser gleich a ist, das Moment der Trägheit derselben

$$\mu = \frac{8\pi}{15} a^5, \text{ wie zuvor.}$$

L.

Monat.

Mensis; Mois; *Month*.

Die Zeit, während welcher der Mond einen Umlauf um den Himmel oder um die Erde zu vollenden scheint. Da er nahe in derselben Zeit auch den periodischen Wechsel seiner Lichterscheinungen (seines Ab- und Zunehmens) vollendet, so ist der Monat ohne Zweifel schon in den frühesten Jahrhunderten als ein Zeitmafs gebraucht worden. In der That, so verschieden und selbst sonderbar bei manchen Völkern der alten und neuen Zeiten die Eintheilungen ihrer Tage ausgefallen sind, so findet man doch zwei derselben beinahe überall wieder, die *Woche* von sieben und den *Monat* von nahe dreifsig Tagen, besonders aber die Woche, die sich, seit dem grauesten Alterthume, durch alle Zeiten und Völker und durch alle Verwirrungen unserer Chronologie unverrückt und ungestört durchschlingt. Nur einmal in unsern Tagen wurde der Versuch gemacht, dieses alte Monument durch ein modernes, die *Décade* von zehn Tagen, zu ersetzen, aber der Versuch mifslang, gleich so vielen andern, die aus derselben, oft sehr unreinen Quelle hervorgegangen sind.

Wenn man aber den Umlauf des Monds, also den eigentlichen Begriff des Worts „*Monat*" genauer betrachtet, so findet man bald mehrere verschiedene Arten dieses Umlaufs, also auch mehrere Gattungen von Monaten.

Der *wahre* Umlauf des Monds um die Erde ist die Zeit, in welcher er wieder zu demselben Fixsterne oder vielmehr in welcher er wieder zu demselben Puncte des Himmels zurückkehrt. In dieser Zeit hat nämlich der Mond in der That volle 360 Grade oder einen ganzen Kreis am Himmel zurückgelegt und man nennt diese Zeit den *siderischen Monat*. Er beträgt nach den neuesten Bestimmungen 27,321661 Tage oder $27^T\,7^h\,43'\,11'',5104$, wo die hier und in der Folge gemeinten Tage immer die sogenannten mittleren Sonnentage[1]

1 S. Art. *Sonnenzeit*. Bd. VIII. S. 902. u. *Sonnenjahr*. Ebend. S. 869.

bedeuten, deren 365,242255 auf ein tropisches *Sonnenjahr* gehn.

Während dieser Zeit eines völligen Umlaufs des Monds, der von West gen Ost statt hat, bewegen sich aber die *Nachtgleichenpuncte* etwas gen West und kommen sonach gleichsam dem Monde entgegen. Aus diesem Grunde ist die Umlaufszeit des Monds in Beziehung auf die Nachtgleichen oder der *tropische Monat* etwas kleiner, als der siderische, nämlich gleich 27,321582 Tagen oder gleich $27^{T}\ 7^{h}\ 43'\ 4'',6848$ und dieses ist also die Zeit, in welcher der Mond wieder dieselbe Länge in der Ekliptik erhält.

Im gemeinen Leben betrachtet man den Mond gewöhnlich nur in Beziehung auf seine Lichtgestalten[1], die von der Stellung des Monds gegen die Sonne abhängen. So tritt immer der *Neumond* ein, wenn Sonne und Mond dieselbe Länge haben oder wenn sie beide in derselben Himmelsgegend stehn, der *Vollmond* aber, wenn die Längen dieser beiden Gestirne um 180 Grade verschieden sind oder wenn sie am Himmel einander gegenüber stehn. Da nun die Sonne selbst eine eigene Bewegung hat, die, wie jene des Monds, von West gegen Ost gerichtet ist und täglich im Mittel 0,985647 Grade beträgt, so wird die Umlaufszeit des Monds in Beziehung auf die Sonne oder so wird der *synodische* Monat gröfser seyn, als der siderische. Nach den neuesten Bestimmungen beträgt der synodische Monat 29,530587 Tage oder $29^{T}\ 12^{h}\ 44'\ 2'',7168$ und dieses ist die Zeit von einem Neumond zum andern oder auch von einem Vollmond zum andern.

Die *Knoten* der Mondbahn nennt man die zwei Puncte, in welchen die Bahn des Monds die Ebene der Ekliptik schneidet oder in welchen der Mond durch die Ekliptik geht. Da diese beiden Puncte für die Theorie der Sonnen- und Mondfinsternisse sehr wichtig sind und da sich dieselben ebenfalls am Himmel bewegen, so hat man auch die Umlaufszeit des Monds in Beziehung auf diese Knoten gesucht. Man nennt diese Zeit den *Drachenmonat* und er beträgt 27,21214 Tage oder $27^{T}\ 5^{h}\ 5'\ 28'',90$. Er ist, wie man sieht, kleiner als der siderische Monat, weil die Mondknoten rückwärts oder gen West und sonach dem Monde gleichsam entgegengehn,

---

1 S. Art. *Phasen*. Bd. VII. S. 466.

wie die Nachtgleichenpuncte, nur viel schneller, indem jene in einem Jahre über 19° 20′, diese aber nur etwa 50″,2113 weiter rücken. Die Benennung des Drachenmonats endlich kommt von der alten Sitte, den aufsteigenden *Knoten* der Mondbahn *Drachenkopf* und den absteigenden *Drachenschwanz* zu nennen, was ohne Zweifel mit der Mythe zusammenhängt, nach welcher bei Finsternissen, die sich immer in der Nähe jener Knoten ereignen, der Mond mit einem grofsen Drachen im Kampfe seyn sollte.

Noch bedient man sich in der Astronomie des Umlaufs des Monds in Beziehung auf seine *Syzygien*, welche Umlaufszeit der *anomalistische Monat* genannt wird. Er ist gleich der Zeit, während welcher der Mond wieder zu seinem Perigeum oder auch zu seinem Apogeum[1] zurückkehrt. Diese beiden Puncte der Mondbahn bewegen sich nämlich ebenfalls am Himmel, und zwar gen Ost, wie der Mond selbst, daher der anomalistische Monat, so wie der synodische, gröfser seyn mufs, als der siderische. Der anomalistische Monat beträgt 27,5549 Tage oder $27^T\ 13^h\ 21'\ 3'',36$.

Wenn man einen dieser fünf Mondmonate kennt, so lassen sich daraus die andern leicht durch Rechnung ableiten. Ist z. B. a die bekannte Umlaufszeit des Monds oder irgend eines andern Gestirns in Beziehung auf einen gegebenen Punct (z. B. in Beziehung auf die Nachtgleichen, auf die Knoten, auf die Sonne u. s. w.) und ist m die tägliche Bewegung eines zweiten Puncts in Beziehung auf jenen ersten, so hat man für die gesuchte Umlaufszeit b des Gestirns in Beziehung auf diesen zweiten Punct

$$b = \frac{360\,a}{360 - am},$$

oder auch, wenn b bekannt und a gesucht ist,

$$a = \frac{360\,b}{360 + bm},$$

wo m negativ genommen wird, wenn der zweite Punct in Beziehung auf das Gestirn eine entgegengesetzte Richtung der Bewegung hat.

Aufser diesen fünf *Mondmonaten* hat man auch noch einen sogenannten *Sonnenmonat*, welcher letzte der zwölfte

---

1 S. Art. *Erdferne*. Bd. III. S. 1141.

Theil des tropischen Sonnenjahrs ist[1]. Das *tropische Sonnenjahr* beträgt 365,242255 Tage und daher der Sonnenmonat 30,436855 Tage oder $30^T\ 10^h\ 29'\ 4'',272$. Dieser Sonnenmonat ist eigentlich die Zeit, welche die Sonne in jedem der zwölf Zeichen des Thierkreises verweilt.

Bei allem Vorhergehenden mufs bemerkt werden, dafs der Mond, so wie auch die Sonne, eine ungleichförmige Bewegung habe oder dafs die Geschwindigkeit des Monds in verschiedenen Puncten seiner Bahn ebenfalls verschieden ist, was zum Theil von der Ellipticität der Mondbahn und zum Theil von den Störungen[2] kommt, welche die Sonne auf die Bewegung des Monds ausübt. Aus dieser Ursache ist daher kein synodischer Monat dem andern und ebenso kein Drachenmonat u. s. w. dem andern gleich, wenn von dem Monde selbst, wie er uns am Himmel erscheint, die Rede ist. Allein im Vorhergehenden ist durchaus unter dem Worte „Mond" der sogenannte *mittlere Mond*[3] verstanden worden, und da der letzte eine *völlig gleichförmige* Bewegung hat, so sind auch alle oben angeführten Monate immer von derselben Länge. Alle die bisher genannten Monate kann man *astronomische* Monate nennen, da sie sich unmittelbar auf die Gestirne des Himmels beziehn. Man hat aber auch *bürgerliche* Monate, die man häufig willkürlich zur blofsen Unterabtheilung des Jahres erfunden hat und denen man daher eine gewisse Anzahl von vollen Tagen, meistens 30 oder 31 (ohne weitere kleinere Theile des Tags, wie Stunden, Minuten u. s. f.), gegeben hat. Diese bürgerlichen Monate haben die Kalender der verschiedenen Nationen oft sehr complicirt gemacht und in unsere ganze Chronologie viel Verwirrung gebracht.

Offenbar bieten sich zur Regulirung unserer Zeit vor allen Gestirnen vorzüglich die Sonne oder der Mond dar. Die Sonne giebt, durch ihren schiefen Lauf gegen den Erdäquator, die *Jahreszeiten*, deren regelmäfsige Wiederkehr gewifs schon sehr frühe zur Zeiteintheilung benutzt worden ist. Der Mond aber bietet sich, zu demselben Zwecke, durch seine regelmäfsigen Lichtwechsel nicht minder gut dar. Es kam

---

1 S. Art. *Jahr*. Bd. V. S. 665.

2 Vergl. Art. *Perturbationen*. Bd. VII. S. 440.

3 S. Art. *Mittlerer Planet*.

nun darauf an, zwischen beiden Gestirnen das geeignetste zu wählen, allein man glaubte unglücklicher Weise am besten zu thun, wenn man beide zugleich als Regulatoren unserer Chronologie annähme, die Sonne wegen der Jahreszeiten, um darnach die Jahre abzuzählen, und den Mond wegen seiner nicht minder auffallenden Lichtwechsel, durch welche man kleinere und sonach bequemere Unterabtheilungen des Jahrs, nämlich die Monate, erhielt. Die ersten rohen Beobachtungen liefsen die Länge des Jahrs zu 360 Tagen erkennen und dem synodischen Monate (welcher nach dem Vorhergehenden nahe $29\frac{1}{2}$ Tage hat) gab man in runder Zahl 30 volle Tage, so dafs man mit 12 solchen Monaten das Jahr von 360 Tagen genau darstellte. Mit dieser Anordnung waren die ersten Völker, die das Bedürfnifs einer genaueren Zeiteintheilung fühlten, wahrscheinlich sehr lange zufrieden.

Allein später bemerkte man, dafs der Anfang des Jahrs nicht mehr in dieselbe Jahreszeit fiel, wie zuvor, dafs also die bisher angenommene Länge des Jahrs von 360 Tagen nicht genau richtig seyn müsse. Auch die Neumonde, die früher stets in den Anfang eines jeden der 12 Monate gefallen waren, wichen immer mehr von dieser Ordnung ab und fielen oft tief in die Monate, deren Anfang sie doch bezeichnen sollten, zum Beweise, dafs die früher angenommene Länge des Monats zu 30 Tagen auch unrichtig seyn müsse. Genauere Beobachtungen der folgenden Astronomen lehrten zwar beides, die Länge des Jahrs (zu $365^T\ 5^h\ 48',85$) und die des synodischen Monats (zu $29^T\ 12^h\ 44',04$), genauer kennen, aber diese Kenntnifs selbst zeigt auch, dafs sich beide Gestirne zugleich nicht ohne Umstände und Unbequemlichkeiten mancher Art zu demselben Zwecke vereinigen lassen werden. Inzwischen man war an diese Vereinigung einmal gewöhnt, sie war bereits bis zu dem gemeinen Mann vorgedrungen und liefs sich nicht gut mehr entfernen. Man fuhr also fort, die Jahre nach den Jahreszeiten d. h. nach der Sonne und die Monate nach den Lichtphasen des Monds zu zählen, und die Aufgabe der Astronomen und Chronologen war nun darauf zurückgeführt, diese Mischung von zwei so heterogenen Dingen wenigstens so erträglich, als sich thun liefs, zu machen, damit ie daraus entstehende Verwirrung nicht gar zu grofs werde. Diese Arbeit wurde ihnen durch gewisse kirchliche Einrich-

tungen, die das Osterfest u. dgl. betrafen und sich ebenfalls an jene Vereinigung der beiden Gestirne knüpften, noch beträchtlich erschwert, und d. Art. *Kalender* enthält bereits das Vorzüglichste von der Geschichte dieser Bemühungen der Astronomen und Chronologen in Europa, um sich vor den immer wieder kommenden Verwirrungen zu befreien, an welchen unsere Zeitrechnung lange gelitten hat und in den meisten aufsereuropäischen Staaten noch leidet.

Die Türken und überhaupt die Mahomedaner schnitten, nach ihrer Art, den Knoten entzwei und hielten sich bei ihrer Zeitrechnung blofs an den Mond. Dadurch ist ihr Kalender und ihre ganze Chronologie eine der einfachsten, die man kennt. Allein mit den Geschäften des Ackerbaus, der Schifffahrt u. dgl. stimmt ihr Kalender nicht mehr überein und dieses mufs allerdings als ein bedeutender Fehler dieser Zeitrechnung angesehn werden. Das Neujahr der Türken fiel im J. 1812 unserer christlichen Zeitrechnung mit unserem Neujahr nahe zusammen; allein jetzt, im J. 1836, fällt das türkische Neujahr schon auf unsern 18. April, im Jahr 1846 wird es auf den 20. December, im Jahr 1900 wieder auf den 30. April u. s. w. fallen, so dafs auf diese Weise das Neujahr der Türken alle 32 Jahre die sämmtlichen vier Jahreszeiten durchwandert.

Die alten Griechen, die ihren Kalender nach der Sonne und dem Monde zugleich einrichteten, liefsen auf den Rath ihrer Astronomen Meton und Euktemon ihre Monate von 29 und 30 Tagen regelmäfsig abwechseln, schalteten aber, um von dem Mondlaufe nicht zu sehr abzuweichen, alle 19 Jahre siebenmal einen ganzen Monat von 30 Tagen ein. Bei dieser sinnreichen Einrichtung fielen ihre Neumonde immer sehr nahe auf den Anfang eines jeden neuen Monats, was allerdings sehr angemessen und ein Vorzug war, den selbst unser gegenwärtiger Kalender entbehren mufs, da in demselben, wie man weifs, die Neu- und Vollmonde ebenso oft auf den Anfang als auf die Mitte des Monats fallen. Auch hatte diese Einrichtung des griechischen Kalenders den noch wichtigeren Vortheil, dafs die Frühlingsnachtgleiche wenigstens nach jedem 19. Jahre wieder auf denselben Monatstag fiel, dafs also die Jahreszeiten mit den Monaten in stetiger Verbindung blieben.

Die Juden haben diese Combination der Sonne mit dem Monde auf eine wohl scharfsinnige, aber auch zugleich sehr verwickelte Weise zu benutzen gesucht. Nach ihrem Kalender fällt der Neujahrstag immer auf den Tag des mittlern Neumonds, welcher der erste nach der Herbstnachtgleiche ist, doch wird diese Regel, verschiedener kirchlichen Einrichtungen wegen, mehrern Ausnahmen unterworfen. Demnach fällt ihr Neujahrstag bald auf die ersten, bald auf die letzten Tage unsers Septembers, ja öfter selbst auf die ersten Tage des Octobers, und die Jahreszeiten können sich höchstens um einen Monat verrücken, während sie in dem türkischen Kalender allmälig alle zwölf Monate durchwandern.

Der altrömische Kalender, so wie er von Julius Caesar festgesetzt wurde, gab zwar die Jahreszeiten immer mit denselben Monaten übereinstimmend, wenigstens auf viele Jahrhunderte nach der Epoche seiner Gründung, aber die Neumonde durchliefen, wie in unserm gegenwärtigen Kalender, alle Tage der einzelnen Monate.

Namen der Monate bei verschiedenen Völkern.

Die *Juden* haben 12 Monate für ihre gemeinen Jahre und 13 für ihre Schaltjahre. Jedes dieser Jahre ist entweder ein kurzes oder ein mittleres oder ein langes. Die folgende Tafel giebt die Namen und die Anzahl der Tage jedes Monats in allen diesen sechs Jahren.

	Gemeine Jahre			Schaltjahre		
	Kurze	Mittlere	Lange	Kurze	Mittlere	Lange
Tisri	30	30	30	30	30	30
Marchesvan ..	29	29	30	29	29	30
Kislaw	29	30	30	29	30	30
Tebeth	29	29	29	29	29	29
Schwat	30	30	30	30	30	30
Adar	29	29	29	30	30	30
W' Adar	—	—	—	29	29	29
Nisan	30	30	30	30	30	30
Ijar	29	29	29	29	29	29
Sivan	30	30	30	30	30	30
Thamuz	29	29	29	29	29	29
Ab	30	30	30	30	30	30
Elul	29	29	29	29	29	29
Summe	353	354	355	383	384	385

Die in dieser Tafel angezeigte Ordnung der Monate, in welcher Tisri der erste ist, gehört nur für die bürgerlichen Jahre. Das kirchliche Jahr der Juden fängt mit dem Monat Nisan an, in welchen ihr Hauptfest, Ostern, fällt.

Den Ostertag der Juden kann man durch einige sehr einfache algebraische Operationen für jedes Jahr finden, wie Gauss[1] zuerst bekannt gemacht hat. Ist dann der Haupttag des Osterfestes, welches 7 Tage dauert, gefunden, so erhält man auch den Neujahrstag des folgenden Jahrs, wenn man zu dem Ostertage noch 163 Tage addirt. Entwickelt man auf diese Weise zwei nächstfolgende Jahre, so giebt die Differenz der beiden Neujahrstage auch die Anzahl der in diesen Jahren enthaltenen Tage, woraus man dann, mit Hülfe der vorhergehenden Tafel, sogleich sieht, zu welchen der 6 Jahre das gegebene gehört. Ist aber dieses bekannt, so kann man auch sofort angeben, auf welchen unserer Monatstage die ersten Tage der 12 oder 13 jüdischen Monate fallen.

Die Mahomedaner haben 12 Monate, die abwechselnd 29 und 30 Tage enthalten, wie folgende Tafel zeigt.

1 V. Zach Monatl. Corr. 1802. Mai.

I. Moharrem . .	30 Tage	VII. Redscheb . .	30 Tage
II. Safer	29 —	VIII. Schaban . .	29 —
III. Rebiulewel . .	30 —	IX. Ramasan . . .	30 —
IV. Rebiulachir . .	29 —	X. Schwal	29 —
V. Dschemasiulewel	30 —	XI. Silkide	30 —
VI. Dschemasiulachir	29 —	XII. Silhidsche . .	29 —

In Schaltjahren aber hat der letzte Monat Silhidsche 30 Tage.

Die Namen der Monate unseres Kalenders sind allgemein bekannt und waren schon bei den Römern gebräuchlich. Der Monat Januar soll seine Benennung von dem Gotte Janus, der März von Mars, der Mai von der Göttin Maja, der Mutter Mercur's, und der Junius von der Juno erhalten haben, welchen vier Göttern im Anfange der genannten Monate bei den Römern öffentliche Opfer gebracht wurden. Der Monat Februar soll seinen Namen von *Februare* (reinigen) erhalten haben, weil während dieses Monats, an den Festtagen der Lupercalien, die Reinigung der Lebenden und die Sühnopfer der Todten vorgenommen wurden. April soll von *aperire* (öffnen) kommen, weil in diesem Frühlingsmonate der im Winter geschlossene Schofs der Erde sich wieder öffnet. Die Namen der Monate September, October, November und December bedürfen keiner Erklärung, da sie in der That der 7., 8., 9. und 10. Monat des Jahrs bei den Römern waren, welche ihr Jahr mit dem März anfingen. Aus dieser Ursache hiefs auch der Julius und August früher Quinctilis und Sextilis. Nach dem Tode Julius Caesar's wurde durch einen Senatsbeschlufs der Monat Quinctilis zu Ehren des grofsen Imperators Julius genannt, und als später Octavian den Namen Augustus angenommen hatte, verwandelte ein anderer Senatsbeschlufs den Namen Sextilis in Augustus. Da aber dieser Monat nur 30 Tage hatte und die damals in dem römischen Senate bereits vorherrschende Schmeichelei nicht zugeben wollte, dafs der Monat Augustus dem Julius, in dieser Beziehung nachstehn sollte, so nahm man einen Tag aus dem Februar, der ohnehin nur 29 Tage hatte, heraus, um ihn in den August einzuschalten. Blofs in den Schaltjahren liefs man den Februar wieder sein altes Recht geniefsen. *C'est ainsi,* sagt J. J. Rousseau bei einer ähnlichen Gelegenheit, *que la substance du pauvre est toujours employée au profit du puissant.*

Diese Apotheosen durch Verwechselung der Monatsnamen wurden zu den Zeiten der ersten römischen Kaiser eine Art von Mode bei dem immer tiefer in sclavische Schmeichelei versinkenden Senate. Tempel und Altäre, Statuen und Triumphbogen hatten bereits den Reiz der Neuheit verloren und waren für abgenutzt erklärt. Man hätte nun die etwa neu entdeckten Länder und Inseln, wie dieses später Sitte wurde, nach jenen Imperatoren nennen können, allein die römischen Senatoren waren keine Weltumsegler und begnügten sich mit ihren grofsen Landgütern auf den bereits bekannten Erdtheilen. Ihnen blieb in ihrer Stellung nur noch die Plünderung des Kalenders übrig und diesen suchten sie denn auch gehörig auszubeuten, weil dazu glücklicher Weise keine nautischen oder astronomischen Kenntnisse, die ihnen mangelten, sondern nur schamlose Kriecherei erfordert wurde, an welcher sie Ueberflufs hatten. Auf diese Art wurde in einem weitern Senatsbeschlusse allen römischen Bürgern bei Lebensstrafe geboten, den Monat April künftig *Nero* und den Mai fernerhin *Claudius* zu nennen. Der Kaiser Domitian wollte im Uebermafse seine Bescheidenheit nicht erst die Decrete seines Senats abwarten, sondern befahl sofort selbst, dafs der October fortan seinen Namen *Domitianus* tragen sollte. Ja nachdem man auf diese Weise alle Monate des Jahres ausgebeutet hatte, wurden auch diese neueren Namen wieder verworfen, um denen der nachfolgenden Imperatoren Platz zu machen, wie denn der Monat Sextilis, der nachher August genannt worden war, jetzt den Namen des Ungeheuers Commodus sich gefallen lassen mufste u. s. w.

L.

Mond.

Luna; Lune; *Moon.*

Wenn wir uns auf die Oberfläche der Sonne versetzen könnten, so würden wird daselbst unsere Erde als eine kleine lichte Scheibe von 17 Sec. im Durchmesser oder nahe von der Gröfse erblicken, unter welcher uns jetzt Saturn ohne seinen Ring erscheint. Dieses lichte Scheibchen würden wir in 365¼ Tagen um die Sonne gehn sehn, während ein ande-

rer noch viel kleinerer Lichtpunct, von nur 4 Sec. in Durchmesser, diese Erde umkreisen, jeden Umlauf um die Erde in 29 Tagen vollenden, bald rechts, bald links von der Erde stehn und sie auf ihrer Bahn um die Sonne stets so begleiten würde, dafs dieser Lichtpunct sich nie mehr als um den 4ten Theil des Sonnendurchmessers, wie er uns erscheint, von der Erde entfernt. Dieses Lichtpünctchen ist unser Mond, der uns, von der Erde gesehn, nahe ebenso grofs als die Sonne selbst erscheint, obschon die Sonne in der That so vielmal gröfser ist, dafs aus ihr mehr als 74 Millionen solcher Kugeln, wie unser Mond ist, gemacht werden könnten. Die Geschwindigkeit, mit welcher der Mond in einem Monate um die Erde läuft, ist nur der dreifsigste Theil jener, womit die Erde und mit ihr der Mond, jährlich um die Sonne geht. Die Erde, legt nämlich auf ihrer Bahn um die Sonne im Mittel während jeder Zeitsecunde 4 geogr. Meilen, der Mond aber auf seinem Wege um die Erde nur 2970 Fufs oder nur $\frac{2}{15}$ einer Meile zurück. Da er aber, während er seine elliptische Bahn um die Erde beschreibt, zugleich mit der Erde um die Sonne geht, so wird seine eigentliche Bahn im Weltraume, durch diese doppelte Bewegung, sehr zusammengesetzt und diese Bahn ist nicht mehr, gleich jener der Erde, nahe ein Kreis, sondern sie gleicht einer in 12 bis 13 Knoten geschlungenen Schnur, welche Knoten aber selbst nach Millionen von Jahren nie wieder auf dieselben Puncte der Schnur zurückfallen.

Unter allen Gestirnen des Himmels, allein die Sonne ausgenommen, ist der Mond für uns bei weitem das wichtigste. Er scheint nur der Erde wegen da zu seyn. Alle andere Gestirne, selbst die schöne Venus und der mächtige Jupiter, sind für uns nur ein Edelstein mehr in der unermefslichen Strahlenkrone des Himmels, die uns gleich dem Diademe mancher Herrscher nur mit ihrem Glanze blenden, ohne uns zu nützen, während der Mond durch ein enges Band der Freundschaft und der gegenseitigen Abhängigkeit mit der Erde verbunden ist. Er steht uns unter allen Himmelskörpern am nächsten und seine Einflüsse auf uns sind daher so zahlreich, dafs wir wahrscheinlich viele derselben noch gar nicht kennen. Er beleuchtet und verschönert unsere Nächte; seine anziehende Kraft hebt täglich zweimal das Weltmeer und treibt dadurch

die Schiffe in die Häfen aus und ein; die regelmäſsige Abwechselung seiner Lichtgestalten gab uns die erste Basis unserer Zeitrechnung, ohne welche wir keine Geschichte hätten; seiner schnellen Bewegung unter den Gestirnen verdanken wir die Kenntniſs der Lage unserer Städte und Länder auf der Oberfläche der Erde und dadurch den Hauptinhalt unserer Geographie und die eigentliche Grundlage unserer Land- und Seecharten; er leitet den Seefahrer mit Sicherheit durch unbekannte Meere; er hat einen unbestreitbaren Einfluſs auf unsere Witterung und vielleicht selbst auf unsere körperliche und geistige Gesundheit. So viele und wichtige Relationen scheinen es wohl zu verdienen, daſs man die Quelle, aus welcher sie entspringen, näher kennen lerne.

A. Mondbahn; Umlauf des Mondes um die Erde.

Nach den neuesten Bestimmungen legt der Mond seinen Weg um die Erde in 27,321661423 mittleren Sonnentagen in der Richtung von West nach Ost zurück. In dieser Zeit vollendet er nämlich volle 360 Grade um die Erde, oder wenn man ihn, im Anfange dieser Zeit, von der Erde aus bei irgend einem festen Puncte des Himmels, z. B. bei einem Fixstern sieht, so sieht man ihn am Ende dieser Zeit wieder in demselben Puncte. Man nennt diese Zeit die *siderische Revolution* des Monds.

Allein die Astronomen bedürfen öfter die Kenntniſs der Umlaufszeit des Mondes in Beziehung auf andere Puncte des Himmels, die selbst wieder beweglich sind. Ein solcher Punct ist vor allen der Frühlingspunct, in welchem sich die Ebenen des irdischen Aequators und der Erdbahn schneiden. Dieser Punct bewegt sich in einem Jahre um 50",1 auf der Ekliptik, und zwar von Ost gen West, in einer der Bewegung des Mondes entgegengesetzten Richtung, woraus folgt, daſs der Mond in einer kürzern Zeit wieder zu dem Frühlingspuncte als zu demselben Fixsterne zurückkehren wird. In der That ist auch diese Umlaufszeit des Monds in Beziehung auf den Frühlingspunct oder die *tropische* Revolution desselben gleich 27,321582 Tagen.

Der Mond bewegt sich, wie alle Körper unsers Sonnensystems, in einer Ellipse. Die Ebene dieser Ellipse geht durch den Mittelpunct der Erde und dieser Mittelpunct liegt in einem der beiden Brennpuncte jener Ellipse. Diese Ebene der Mondbahn fällt übrigens nicht mit der Ebene der Erdbahn zusammen, sondern sie durchschneidet die letzte nur in einer geraden, durch die Erde gehenden Linie, welche die *Knotenlinie* der Mondbahn heifst, und zwar unter einem Winkel von 5,14665 Graden, welchen Winkel man die *Neigung* der Mondbahn nennt. Weder diese Knotenlinie, noch auch die grofse Axe jener Ellipse ist unveränderlich im Himmelsraume, sondern jene dreht sich in 6793,39108 Tagen gen West und diese in 3232,575343 Tagen gen Ost volle 360 Grade um die Erde. Dieses sind wenigstens die siderischen Revolutionen der Knotenlinie und der grofsen Axe der Mondbahn, wie sie im Anfange des gegenwärtigen 19. Jahrhunderts statt gehabt haben. Wir werden weiter unten sehn, dafs sie beide mit der Zeit veränderlich sind. Daraus läfst sich nun auch leicht die Zeit zwischen zwei nächsten Zusammenkünften des Monds mit dieser Knotenlinie oder mit der grofsen Axe der Mondbahn finden. Ist nämlich A die Revolution eines Himmelskörpers, z. B. des Monds in Beziehung auf irgend einen festen oder beweglichen Punct des Himmels, und ist T die Revolution eines zweiten Puncts, ebenfalls in Beziehung auf jenen ersten Punct, so ist die Revolution B des Mondes in Beziehung auf diesen zweiten Punct sofort durch die Gleichung gegeben

$$B = \frac{1}{\frac{1}{A} - \frac{1}{T}},$$

in welchem Ausdrucke man T negativ setzen wird, wenn die Richtung der Bewegung des zweiten Puncts der des Mondes entgegengesetzt ist. Setzt man nach dem Vorhergehenden A = 27,321661423 Tage für die siderische Revolution des Monds und T = 3232,575343 Tage für die siderische Revolution der grofsen Axe, so erhält man

$$B = 27{,}55455$$

für die Umlaufszeit des Monds in Beziehung auf seine grofse Axe d. h. für die *anomalistische Revolution* des Monds. Setzt man aber A = 27,321661423, wie zuvor, und

T = — 6793,39108 für die siderische Revolution der Knoten, so hat man

B = 27,21221

für die Umlaufszeit des Monds in Beziehung auf seine Knoten, d. h. für die *drakontische* Revolution des Monds.

Auch die Zusammenkünfte des Monds mit der Sonne sind für den Astronomen von grofser Wichtigkeit, da von denselben die Finsternisse abhängen. Setzt man aber für T das siderische Jahr der Erde oder ist T = 365,25638 und bleibt A wie zuvor, so giebt die vorhergehende Gleichung für die Umlaufszeit des Monds in Beziehung auf die Sonne oder für die sogenannte *synodische Revolution*

B = 29,53058 Tage.

Um aus diesen Angaben den Ort des Monds, der Knoten und der grofsen Axe seiner Bahn für jede andere Zeit zu finden, vorausgesetzt, dafs diese drei Bewegungen selbst gleichförmig mit der Zeit fortgehn, was aber keineswegs der Fall ist, so hat man für den Augenblick der mittleren Mitternacht in Paris am ersten Januar des Jahres 1801 die mittlere Länge, vom Frühlingspuncte in der Ekliptik an gezählt,

des Monds	111°,61189
des Perigeums	266,11263
des aufst. Knotens . .	13,91505.

B. Entfernung des Mondes von der Erde.

Nach den neuesten Bestimmungen ist die Horizontalparallaxe[1] des Monds in seiner mittleren Entfernung von der Erde und für einen Beobachter im Aequator gleich $\pi = 0^\circ\ 57'\ 34'',2$. Daraus folgt die mittlere Entfernung des Mondmittelpuncts von dem der Erde gleich 59,717 Halbmessern des Erdäquators oder gleich 51315 geogr. Meilen, deren 859,3 auf den Halbmesser des Aequators gehn.

Nimmt man die halbe grofse Axe a der elliptischen Mondbahn als Einheit an, so ist die Excentricität[2] gleich e = 0,054844. Da aber a gleich 59,717 war, so ist diese Excentricität auch gleich ae = 3,27512 Erdhalbmessern und

1 S. Art. *Parallaxe*. Bd. VII. S. 288.

2 S. Art. *Excentricität*. Bd. III. S. 162.

daher die verschiedenen Entfernungen des Monds von der Erde

die gröfste	$a + ae = 62{,}99212$	Erdhalbmess. oder	54129 geogr. Meilen
die mittlere	$a = 59{,}717$	- - -	51315 —
die kleinste	$a - ae = 56{,}44188$	- - -	48500 —

Da diese mittlere Parallaxe des Monds bis auf eine Secunde genau bekannt ist, mit welcher Genauigkeit kennen wir dann die Entfernung des Monds von der Erde? Ist R der Halbmesser des Aequators, so ist

$$\text{Sin.}\,\pi = \frac{R}{a}, \text{ also auch } da = -\frac{a\,d\pi}{\pi}.$$

Setzt man in dem letzten Ausdrucke $a = 51315$, $\pi = 3454$ Secunden und $d\pi = 1$ Secunde, so erhält man

$$da = -14{,}85,$$

oder wir kennen die Entfernung des Monds von der Erde bis auf 15 Meilen, d. h. bis auf $\frac{1}{3421}$ dieser Entfernung genau. Die Entfernung Wiens von Lissabon soll 632 Meilen betragen. Der 3421ste Theil dieser Distanz ist nahe $\frac{1}{5}$ Meile. Allein wir sind weit davon entfernt, diese und wohl auch die Distanz der meisten andern Hauptstädte Europa's auf einen so kleinen Theil derselben genau zu kennen, so dafs wir also, wenigstens bis zu unserm Monde, die Weite der Wege am Himmel besser als die auf der Erde zu beurtheilen im Stande sind.

Die Alten aber hatten keine Ursache, sich derselben Kenntnisse zu rühmen. Pythagoras z. B. nahm die Entfernung des Monds von der Erde zu 126000 Stadien, nahe 3310 geograph. Meilen an, welches nur der 15te Theil der wahren Entfernung ist. Wahrscheinlich ist diese Bestimmung auf keine eigentliche Beobachtung gegründet, sondern nur, auf gut metaphysisch, *a priori* gefunden worden. Hipparch, der gröfste Astronom des Alterthums, fand aus seinen Beobachtungen diese Distanz gleich 75 Halbmessern der Erde, also um 15 Erdhalbmesser oder nahe 13000 Meilen zu grofs. Posidonius soll sie aus seinen Untersuchungen 52300 Meilen gefunden haben, nahe mit der Wahrheit übereinstimmend, wohl nur durch einen günstigen Zufall, da den Alten die Instrumente fehlten, diese Distanz mit Schärfe zu messen. Ptolemäus, der sich

besonders mit diesem Gegenstande beschäftigt hatte, fand die gröfste und kleinste Distanz des Monds von der Erde 64 und 34 Erdhalbmesser, also die erste genau genug, dafür die andere bald um die volle Hälfte zu klein.

Seit den Alphonsinischen Tafeln (die im Anfange des 13. Jahrhunderts herauskamen) hatte man über die Horizontalparallaxe oder, was dasselbe ist, über die Entfernung des Mondes richtigere, auf bessere Beobachtungen gegründete Begriffe. In diesen Tafeln wurde die Horizontalparallaxe des Monds zu 0° 58′ angenommen. Tycho Brahe setzte sie gleich 1° 1′, Halley 57′ 18″, Dom. Cassini 58′ 22″, Newton 57′ 30″, Tob. Mayer 57′ 44″, Lalande 57′ 36″ und Laplace, auf Mason's, Bürg's und Burckhardt's Mondstafeln gestützt, auf 57′ 34″,2, wie wir auch oben vorausgesetzt haben.

C. Gröfse des Mondes.

Der Halbmesser des Monds, aus dem Mittelpuncte der Erde gesehn, erscheint uns unter dem Winkel von 0° 15′ 43″,3, wenn er in seiner mittleren Entfernung a von der Erde ist. Nennt man daher r den Halbmesser dieses Gestirns, so hat man

$$r = a \, \text{Sin.}\, 15' 43'',3 = 0{,}0045723 \, a,$$

oder da a 59,717 Erdhalbmesser oder 51315 Meilen beträgt,

$$r = 0{,}27310 \text{ Erdhalbmesser}$$

oder

$$r = 234{,}675 \text{ geogr. Meilen.}$$

Die Halbmesser des Monds und der Erde verhalten sich demnach wie die Zahlen 2731 zu 10000 oder jener ist sehr nahe $\frac{3}{11}$ von diesem. Die Oberfläche des Monds ist daher nur 0,0745 der Oberfläche der Erde und der körperliche Inhalt des Monds ist nur 0,02035 des Volumens der Erde oder aus der Erde liefsen sich 50 solche Kugeln, wie der Mond ist, bilden.

Wegen der oben angeführten verschiedenen Entfernung des Monds erscheint uns der Halbmesser desselben auch unter sehr verschiedenen Winkeln. In der kleinsten Entfernung von der Erde oder im *Perigeum* ist dieser Winkel 0° 16′ 45″,5

und in der gröſsten Entfernung oder im *Apogeum* beträgt er nur 0° 14′ 41″,0, so daſs der scheinbare Halbmesser des Monds bald gröſser bald kleiner ist, als jener der Sonne, welcher letzte in seiner mittlern Entfernung von der Erde 0° 16′ 1″,6 ist.

Auch den scheinbaren Halbmesser des Monds kannten die Alten nur unvollkommen. Hipparch und Ptolemäus nahmen ihn im Apogeum zu 0° 15′ an und im Perigeum, sagten sie, sey er etwas gröſser, als der der Sonne. Man muſs es bedauern, daſs sie nicht mehr Sorgfalt auf die Beobachtung der verschiedenen Gröſse des scheinbaren Mondhalbmessers verwendet haben. Da die Variation desselben volle 124 Secunden beträgt, so hätten sie, wie man glauben sollte, dieselbe leicht bemerken können und diese Bemerkung würde hinreichend gewesen seyn, sie von dem Ungrunde ihrer Hypothese zu überzeugen, nach welcher sie den Mond und überhaupt alle Planeten in excentrischen Kreisen oder in Epicykeln sich bewegen lieſsen. Sobald sie sich aber gezwungen gesehn hätten, den Kreis zu verwerfen, so würden sie gleichsam von selbst auf die Ellipse verfallen seyn, eine krumme Linie, welche die Alten bereits sehr gut kannten und welche sie auf diesem Wege zu der Entdeckung der Kepler'schen Gesetze und sonach auf das wahre Weltsystem geführt haben würde. Sind nämlich Δ und Δ' die scheinbaren Halbmesser eines Planeten in seiner Bahn, zu welchen die Entfernungen a und a′ gehören, so ist

$$a\Delta = a'\Delta'.$$

Bezeichnet man aber durch dv und dv' die scheinbaren stündlichen Bewegungen des Planeten in jenen zwei Entfernungen, so ist für die Kreishypothese

$$\frac{\Delta}{\Delta'} = \frac{dv}{dv'},$$

und diese letzte Gleichung stimmt keineswegs mit den Beobachtungen des Monds überein, für welche man vielmehr hat

$$\frac{\Delta^2}{\Delta'^2} = \frac{dv}{dv'},$$

und dieser Ausdruck enthält schon das zweite Kepler'sche Gesetz, nach welchem die Flächen, die der Radius Vector in verschiedenen Zeiten beschreibt, diesen Zeiten proportional sind, die Ellipse aber thut der letzten Gleichung Genüge, wie

man aus dem, was oben[1] gesagt worden ist, leicht finden kann. Auch die Astronomen nach der Restauration der Wissenschaften im 15ten Jahrhunderte blieben noch lange ungewifs über die wahre Gröfse des Mondhalbmessers. Albategnius fand ihn für die mittlere Entfernung 16′ 12″, Copernicus 15′ 48″, Tycho Brahe 13′ 25″, Kepler 15′ 41″, Horrockes 15′ 30″ u. s. w.

Wir werden bald Gelegenheit haben, von den verschiedenen Störungen zu handeln, die den Mond in seiner Bewegung um die Erde von der Sonne erleidet. Auch seine Entfernung, d. h. seine Parallaxe, wird durch diese Störungen bedeutend afficirt. Nennt man m die mittlere Anomalie des Monds von seinem Perigeum gerechnet und a die mittlere Länge des Monds weniger der mittleren Länge der Sonne, so hat man nach Damoiseau's neuesten *Tables de la lune* (Paris 1824) für die Horizontalparallaxe des Monds am Aequator

$$\pi = 3454'',0 + 186'' \text{Cos. m} + 10'' \text{Cos. 2 m} + 28'' \text{Cos. 2 a} + 34'' \text{Cos. (2a} - \text{m)}.$$

Man sieht aber leicht, dafs der scheinbare Halbmesser des Monds sich zu seiner Horizontalparallaxe stets verhält, wie der Halbmesser des Monds zu dem der Erde. Dieses letzte Verhältnifs haben wir oben gleich $\frac{3}{11}$ oder genauer gleich 0,2731 gefunden. Multiplicirt man daher alle Glieder des vorhergehenden Ausdrucks durch 0,2731, so findet man für den durch die Attraction der Sonne gestörten scheinbaren Halbmesser des Mondes für jede gegebene Zeit den Ausdruck

$$0^\circ\, 15' 43'',3 + 50'',8 \text{Cos. m} + 2'',7 \text{Cos. 2 m} + 7'',6 \text{Cos. 2 a} + 9'',3 \text{Cos. (2a} - \text{m)}.$$

Bemerken wir noch, dafs man nach Duséjour's Untersuchungen bei Sonnenfinsternissen diesen Halbmesser des Mondes um zwei Secunden vermindern soll, was er zum Theil einer Irradiation des Sonnenlichts an dem dunklen Mondrande, zum Theil der Inflexion der Sonnenstrahlen an demselben Rande zuschreibt. Aber die Astronomen sind über die Gröfse, ja selbst über die Existenz dieser Correction noch nicht ganz einig.

Wenn wir den Mond hinter Bergen oder Gebäuden auf-

---

1 S. Art. *Anomalie*. Bd. I. S. 297.

und untergehn sehn, so erscheint er uns viel gröfser, als wenn er hoch über unserm Horizonte steht. Dasselbe hat auch für die Sonne statt. Allein dieses ist bekanntlich nur eine optische Täuschung. Wenn man den Mond durch ein Fernrohr, selbst schon durch ein blofses Rohr ohne Gläser, oder wenn man ihn durch eine kleine, in einem Kartenblatte angebrachte Oeffnung betrachtet, so verschwindet diese Illusion gänzlich. In den Eindruck, welchen das Auge unmittelbar von den äufsern Gegenständen erhält, mischt sich bekanntlich auch ein auf Gewohnheit und Erfahrung gegründetes Urtheil, nach welchem wir z. B. von zwei unter demselben Gesichtswinkel erscheinenden Gegenständen denjenigen für gröfser halten, den wir weiter von uns entfernt glauben. Wenn aber der Mond nahe am Horizonte ist, so erscheint uns sein Licht durch die der Erde nähere und dichtere Atmosphäre sehr geschwächt und zugleich sehn wir zwischen ihm und uns viele andere Gegenstände, als Häuser, Bäume, Wälder u. dgl., und aus diesen beiden Ursachen halten wir ihn für weiter von uns entfernt, als wenn er hoch in der Mitte des Himmels steht, wo er in seinem hellsten Lichte glänzt und nichts zwischen ihm und unserm Auge steht. Wenn er daher auch in beiden Fällen unter demselben Gesichtswinkel erschiene, so würden wir ihn doch im ersten Falle für gröfser halten, nicht weil wir ihn in der That gröfser sehn, sondern weil wir durch unser in den gesehenen Gegenstand hineingetragenes Urtheil, gleichsam instinctartig, ohne uns dieser Täuschung bewufst zu seyn, ihn gröfser machen als er in der That ist. Aus derselben Ursache erscheint uns auch das über uns ausgespannte scheinbare Himmelsgewölbe keineswegs wie eine Halbkugel, sondern nur wie ein Kugelabschnitt, dessen Höhe viel geringer ist, als der horizontale Halbmesser seiner Basis. Wir sehn nämlich den Himmel nicht als eine Halbkugel EBF, deren Mittelpunct in C ist, sondern als den Abschnitt DBD', wo das Auge in A steht, oder wir sehn den Himmel gleichsam als ein in seinem obersten Theile B gedrücktes Gewölbe. Denn wenn man einen Stab Am so vor das Auge in A hält, dafs er die uns sichtbare Hälfte BMD des Himmels in dem Puncte M zu halbiren scheint, so sollte der Winkel mAD des Stabes mit dem Horizonte AD gleich 45° seyn, während wir ihn doch nur halb so grofs oder nahe gleich 23° finden. Es ist leicht, aus

Fig. 328.

dieser einfachen Beobachtung das Verhältnifs $x = \frac{AD}{AB}$ der horizontalen zu der verticalen Entfernung des Himmels von dem Auge des Beobachters zu finden. Setzt man nämlich allgemein den Winkel $DAM = MAB = \alpha$ und $DCM = MCB = \beta$, so hat man

$$\text{Tang.}\,\alpha = \frac{\text{Cos.}\,\beta - \text{Cos.}\,2\beta}{\text{Sin.}\,\beta} \text{ und } x = \text{Cotg.}\,\beta,$$

und wenn man aus diesen beiden Gleichungen die Gröfse β eliminirt,

$$x^3 - \frac{(3 + \text{Tang.}^2\alpha)}{2\,\text{Tang.}\,\alpha} x^2 + x + \frac{1 - \text{Tang.}^2\alpha}{2\,\text{Tang.}\,\alpha} = 0,$$

eine kubische Gleichung, aus welcher man den gesuchten Werth von $x = \frac{AD}{AB}$ findet. Für $\alpha = 23°$ erhält man

$$x^3 - 3{,}7460\,x^2 + x + 0{,}9657 = 0, \text{ woraus folgt}$$
$$x = 3{,}36,$$

so dafs sich also AD zu AB verhält, wie 336 zu 100.

In der That verhält sich auch die Sache gerade umgekehrt und der scheinbare Halbmesser des Monds ist kleiner, wenn er am Horizonte steht, weil er dann auch weiter von uns entfernt ist, als wenn er hoch über unserm Horizonte steht. Fig. 829. Ist nämlich T der Mittelpunct der Erde und A der Beobachter auf der Oberfläche der Erde, dessen Zenith Z und Horizont HR ist, und bewegt sich der Mond in dem der Erde concentrischen Kreise BCDZR, dessen Mittelpunct T ist, um die Erde, so dafs also seine Entfernungen BT, CT, DT, ZT.. von dem Mittelpuncte der Erde immer dieselben bleiben, so folgt sofort, dafs die Distanzen BA, CA, DA, ZA des Monds von dem Beobachter A immer kleiner werden, je näher der Mond dem Zenith Z des Beobachters kömmt, und dafs daher auch der scheinbare Halbmesser des Monds am Horizonte AB am kleinsten seyn und immer gröfser werden müsse, je näher der Mond dem Zenithe kommt, ganz das Gegentheil der Erscheinung, welche die oben erwähnte optische Täuschung in uns erzeugt. Auch findet man, wenn man den scheinbaren Durchmesser des Monds durch ein Fernrohr betrachtet und mit einem in dem Fernrohre angebrachten Mikrometer mifst, dafs der Mond im Zenith am gröfsten erscheint. Wenn der Mond im Horizonte B des Beobachters

ist, so hat er dieselbe Distanz BA von dem Beobachter in A, als er von dem Mittelpuncte T der Erde zu derjenigen Zeit haben würde, wo er im Horizonte H eines Beobachters T im Mittelpuncte der Erde wäre, weil BA sehr nahe gleich HT ist. Aus dieser Ursache nennt man auch den horizontalen Halbmesser des Monds den *geocentrischen* d. h. den aus dem Mittelpuncte der Erde gesehenen Halbmesser.

Diese Vergröfserung des geocentrischen Halbmessers des Mondes durch seine Höhe über dem Horizonte ist also eine bloſse Folge der Parallaxe des Monds. Nennt man φ' die beobachtete und φ die geometrische Polhöhe eines Ortes auf der Oberfläche der Erde[1], ist ferner z die Zenithdistanz und ω das Azimuth des Monds, wie beide für den Mittelpunct der Erde statt haben, und bezeichnet man ferner durch π die Aequatorial-Horizontalparallaxe des Monds, durch Δ den geocentrischen und endlich durch Δ' den wegen seiner Höhe vergröfserten scheinbaren Halbmesser des Monds, so erhält man für Δ' folgenden ganz genauen Ausdruck, die Erde als ein Sphäroid vorausgesetzt, das durch die Rotation einer Ellipse um ihre kleine Axe entstanden ist:

$$\text{Sin.}\Delta' = \frac{\text{Sin.}\,\Delta}{\sqrt{\{1+\text{Sin.}^2\pi - 2\,\text{Sin.}\pi[\text{Cos.z Cos.}(\varphi'-\varphi)+\text{Sin.z Sin.}(\varphi'-\varphi)\,\text{Cos.}\omega]\}}}.$$

Setzt man für eine kugelförmige Erde die Gröfse $\varphi = \varphi'$ und vernachlässigt man die zweiten und höhern Potenzen von Sin. π, so giebt dieser Ausdruck folgenden sehr einfachen:

$$\Delta' = \Delta\,(1 + \text{Sin.}\,\pi\ \text{Cos. z}).$$

Setzt man, wie oben, $\pi = 0^\circ\ 57'\ 34''$ und $\Delta = 0^\circ\ 15'\ 43''$, so

---

1 Es möge hier beiläufig bemerkt werden, daſs man für das an den Polen abgeplattete Erdsphäroid, dessen Axen 2a und 2b sind, die *geocentrische Polhöhe* φ (d. h. den Winkel der Entfernung r des Beobachters von dem Mittelpuncte der Erde) aus der beobachteten Polhöhe φ' (d. h. aus dem Winkel der Normale des Beobachters mit dem irdischen Aequator) durch folgende Ausdrücke findet:

$$\text{Tang.}\,\varphi = \frac{b^2}{a^2}\,\text{Tang.}\,\varphi' \text{ oder } \varphi = \varphi' - \Theta\ \text{Sin.}\,2\,\varphi' + \tfrac{1}{2}\,\Theta^2\ \text{Sin.}\,4\,\varphi'$$
$$- \tfrac{1}{3}\,\Theta^3\ \text{Sin.}\,6\,\varphi' + \ldots, \text{ wenn } \Theta = \frac{a^2 - b^2}{a^2 + b^2} \text{ ist.}$$

Die erwähnte Entfernung aber ist

$$r = a.\sqrt{\frac{\text{Cos.}\,\varphi'}{\text{Cos.}\,\varphi\ \text{Cos.}\,(\varphi' - \varphi)}}.$$ Vergl. *Schwere.* Bd. VIII. S. 604.

erhält man Δ Sin.$\pi = 15'',79$, und dieses ist die gröſste Differenz, die zwischen den beiden Gröſsen Δ und Δ' statt haben kann. Bei Sonnenfinsternissen und Sternbedeckungen durch den Mond ist es nothwendig, auf diese Differenz Rücksicht zu nehmen.

D. Masse und Dichtigkeit des Mondes.

Wenn die Alten die Entfernung und den Durchmesser des Mondes nur sehr unvollkommen gekannt haben, so wuſsten sie von der Masse des Mondes gar nichts. Aber auch ihren Nachfolgern wurde es nicht leicht, den wahren Werth dieser Masse zu bestimmen. Sie hatten dazu vorzüglich zwei Mittel, die *Präcession*[1] und die *Nutation*. Die erstere beträgt in einem Jahre $50'',376$ und ist eine Folge der Anziehung der Sonne und des Mondes auf die abgeplattete Erde, die letztere aber beträgt in ihrem gröſsten Werthe $16'',783$, und ist als eine bloſse Wirkung des Monds auf die Erde zu betrachten. Da sich aber, nach dem ersten Grundsatze der Mechanik jede Kraft, die ein Körper auf einen andern ausübt, wie die Masse des ersten Körpers, dividirt durch das Quadrat der Entfernung desselben von dem andern Körper, verhält, so sieht man, daſs die beobachteten Gröſsen der Präcession und Nutation das Verhältniſs der Masse der Sonne und des Mondes geben müssen. Man fand auf diese Weise

$$\frac{\text{Masse des} \;☾}{\text{Masse der} \;\odot} = 0{,}000000\,042713.$$

Da aber aus andern Folgerungen bereits bekannt war, daſs die Masse der Erde nur den 337000sten Theil der Masse der Sonne beträgt, und da die letzte Zahl, durch 337000 multiplicirt, 0,01439 oder nahe $\frac{1}{70}$ giebt, so hat man

$$\frac{\text{Masse} \;☾}{\text{Masse} \;♁} = \frac{1}{70}$$

oder der Mond hat nur den 70sten Theil der Masse der Erde.

Die Erscheinungen der Ebbe und Fluth des Meeres haben ihre Ursache bekanntlich ebenfalls in der vereinten Wirkung, welche die Sonne und der Mond durch ihre Anziehungen auf diese groſse Wassermasse ausüben. Eine genaue Discussion

---

1 S. *Vorrücken der Nachtgleichen.*

dieser Phänomene hat diese Wirkungen zu trennen gewufst. Da unter den Häfen Frankreichs vorzüglich der zu Brest eine grofse Regelmäfsigkeit der Ebbe und Fluth zeigt, so wurden daselbst diese Phänomene viele Jahre durch beobachtet. Indem dann Bouvard diese Beobachtungen mit der von Laplace aufgestellten Theorie der Fluthen verglich, fand er aus den getrennten Einflüssen, welche die Sonne und der Mond auf dieselben ausüben, die Masse des Monds gleich $\frac{1}{71}$ von jener der Erde, sehr nahe mit der vorhergehenden Angabe übereinstimmend.

Endlich befindet sich noch unter den Störungsgleichungen der Erde in ihrer Länge eine, welche die Form hat a Sin. (☾ — ⊙), wo ☾ und ⊙ die Länge des Monds und der Sonne ausdrücken. Diese Störung ist eine Folge der Anziehung des Monds auf die Erde, wie denn auch die Gröfse a von der Masse des Monds abhängt. Die Beobachtungen haben die Gröfse a gleich 7 Secunden gegeben und daraus folgt wieder, dafs die Masse des Mondes sehr nahe $\frac{1}{71}$ von jener der Erde seyn mufs. Kennt man aber die Massen m und M zweier Körper und ihre Volumina v und V, die bei Kugeln den Würfeln ihren Halbmesser r und R gleich sind, so kennt man auch ihre Dichtigkeiten d und D durch die Gleichung

$$\frac{d}{D}=\frac{m}{M}:\frac{v}{V} \text{ oder } \frac{d}{D}=\frac{m}{M}.\left(\frac{R}{r}\right)^3.$$

Gehören die Zeichen M, D, R für die Erde und m, d, r für den Mond, so haben wir nach dem Vorhergehenden

$$\frac{m}{M}=\frac{1}{70} \text{ und } \frac{r}{R}=0{,}2731,$$

also ist auch

$$\frac{d}{D}=0{,}7013 \text{ oder nahe } \frac{d}{D}=\frac{5}{7}.$$

Die Dichte der Masse, aus welcher der Mond geformt ist, beträgt daher nur $\frac{5}{7}$ der Dichte der Erdmasse.

Da wir nun die Halbmesser und die Massen dieser beiden Körper kennen, so ist es auch sehr leicht, die Schweren g und G auf der Oberfläche des Mondes und der Erde zu bestimmen. Es ist nämlich

$$\frac{g}{G} = \frac{m}{M} : \left(\frac{r}{R}\right)^2$$

und daher, wenn man die vorigen Werthe von $\frac{m}{M}$ und $\frac{r}{R}$ substituirt,

$$\frac{g}{G} = 0{,}191,$$

oder, da G nahe 15 par. Fufs beträgt, $g = 2{,}87$ Fufs. Wenn daher die Körper auf der Oberfläche der Erde in der ersten Secunde durch einen senkrechten Raum von 15 Fufs fallen, so fallen sie auf der Oberfläche des Monds in derselben Zeit nur durch 2,871 Fufs, oder ein Körper, der auf der Erde ein Pfund wiegt oder vielmehr mit dem Gewichte eines Pfundes auf seine Unterlage drückt, wird auf der Oberfläche des Mondes, wegen der daselbst verminderten Schwere, nur einen Druck von $\frac{1}{5}$ Pfund ausüben.

E. Grofse Störungen des Mondes.

Nach dem von Newton entdeckten Gesetze der allgemeinen Schwere zieht ein Körper jeden andern an im geraden Verhältnifs seiner Masse und im verkehrten Verhältnifs des Quadrats der Entfernung beider Körper von einander. Es ist sehr leicht, die Differentialausdrücke zu geben, durch welche die Bewegung des Monds um die Erde zugleich mit den Störungen gegeben wird, welche diese Bewegung durch die Wirkung der Sonne erleidet. Sey nämlich der Ort des Monds gegen den der Erde durch drei unter sich senkrechte Coordinaten x, y, z bestimmt, deren Anfangspunct im Mittelpuncte der Erde liegt, so wie der Ort der Sonne gegen den der Erde durch die drei analogen Coordinaten x', y', z'; sey ferner m die Masse des Monds, m' die der Sonne und M die der Erde und setze man der Kürze wegen die Entfernung des Monds von der Erde $\sqrt{x^2 + y^2 + z^2} = r$, die der Sonne von der Erde $\sqrt{x'^2 + y'^2 + z'^2} = r'$ und endlich die Entfernung des Monds von der Sonne $\sqrt{(x' - x)^2 + (y' - y)^2 + (z' - z)^2} = \Delta$, so hat man aus den ersten Gründen der Mechanik folgende drei Gleichungen:

$$0 = \frac{d^2x}{dt^2} + (M+m)\frac{x}{r^3} + \frac{m'x'}{r'^3} - \frac{m'(x'-x)}{\Delta^3},$$

$$0 = \frac{d^2y}{dt^2} + (M+m)\frac{y}{r^3} + \frac{m'y'}{r'^3} - \frac{m'(y'-y)}{\Delta^3},$$

$$0 = \frac{d^2z}{dt^2} + (M+m)\frac{z}{r^3} + \frac{m'z'}{r'^3} - \frac{m'(z'-z)}{\Delta^3},$$

in welchen wieder, wie zuvor, dt das constante Element der Zeit bezeichnet.

Diese drei Ausdrücke sind vollkommen oder streng genau, aber sie geben, wie man sieht, unmittelbar nur die zweiten Differentiale d^2x, d^2y, d^2z der drei Coordinaten x, y, z, durch welche der Ort des Monds gegen die Erde für jede gegebene Zeit bestimmt wird. Wir suchen aber die Werthe dieser Gröſsen x, y, z selbst, wie sie für jede Zeit t statt haben, und zu diesem Zwecke müssen die vorhergehenden drei Gleichungen noch integrirt werden.

Allein diese Integration ist mit unübersteiglichen Schwierigkeiten verbunden und unsere gegenwärtige mathematische Analysis ist noch lange nicht bis zu demjenigen Grade vervollkommnet, wo man auch nur mit einiger Hoffnung auf glücklichen Erfolg an die directe und vollständige Auflösung dieser Aufgabe gehen könnte, einer Aufgabe, die unter der Benennung des *Problems der drei Körper* bekannt ist. Dieselben Gleichungen enthalten nämlich auch die Bewegung eines jeden unserer Hauptplaneten, z. B. Jupiters, um die Sonne, wie diese durch jeden andern Planeten, z. B. durch Saturn, gestört wird. In diesem Falle gehören nämlich die Gröſsen x, y, z und r, die ihren Anfang im Mittelpuncte der Sonne haben, für Jupiter und die analogen Gröſsen x', y', z', r', die denselben Anfangspunct haben, für Saturn, wo dann M, m und m' die Masse der Sonne und die Masse Jupiters und Saturns bezeichnen. Seit Newton, der zuerst jene drei Differentialgleichungen aufgestellt hat, bis auf unsere Tage, haben die vorzüglichsten Geometer ihre Kräfte daran versucht, aber sie muſsten sich alle damit begnügen, eine bloſs genäherte Auflösung gefunden zu haben, und selbst diese würde ihnen so gut als unmöglich gewesen seyn, wenn ihnen nicht eine besondere Einrichtung unseres Planetensystems gleichsam hülfreich entgegen gekommen wäre. Diese Einrichtung be-

steht darin, dafs erstens die Excentricitäten aller Planeten und Satellitenbahnen gegen die halben Axen dieser Bahnen sehr klein sind, dafs zweitens die Neigungen dieser Bahnen unter einander im Allgemeinen nur wenige Grade betragen, und dafs endlich drittens der störende Körper, wie hier die Sonne, gegen den Hauptkörper, die Erde, um welchen letzten sich der gestörte, hier der Mond, bewegt, nur solche Wirkungen auf den Mond äufsert, die gegen die Wirkungen des Hauptkörpers der Erde sehr gering zu achten sind. So beträgt für den Mond die Excentricität seiner Bahn, nach dem Vorhergehenden, nur 0,0548 der Halbaxe dieser Bahn; die Neigung seiner Bahn gegen die Bahn der Erde ist nur 5° 9′ und die Sonne endlich ist zwar in Beziehung auf ihre Masse gegen die der Erde ungeheuer grofs zu nennen, da man nach dem Vorhergehenden hat

$$\frac{\text{Masse der Sonne}}{\text{Masse der Erde}} = \frac{1}{70(0{,}000000\ 042713)} = 334450,$$

aber dafür ist wieder die mittlere Entfernung der Sonne von dem Monde (20658000 geogr. Meilen) gegen die der Erde von dem Monde (51300 Meilen) so viel gröfser, dafs dadurch die Wirkung der Sonne auf den Mond ungemein geschwächt wird. Wir werden unten sehn, dafs die Schwere des Mondes gegen die Erde durch die störende Einwirkung der Sonne nur um ihren 360sten Theil verändert wird. Indefs sind auch diese Störungen noch immer so grofs (viel gröfser als die Störungen, welche die Hauptplaneten unter sich selbst hervorbringen), dafs das Problem der drei Körper, an sich selbst schon schwierig genug, besonders bei dem Monde mit vorzüglich vielen Hindernissen verbunden ist.

Um indefs den Lesern zu zeigen, von welchem Gebrauche und von welcher Wichtigkeit zugleich die erwähnten Integrale jener drei Gleichungen für die Theorie des Mondes und durch sie für die Schifffahrt und die mathematische Geographie seyn würden, so wollen wir bemerken, dafs die Gröfsen x', y', z', also auch $r' = \sqrt{x'^2 + y'^2 + z'^2}$, die den Ort der Sonne gegen den der Erde ausdrücken, für jede gegebene Zeit, vermöge der bereits bekannten Theorie der Bewegung der Sonne oder eigentlich der Erde, ebenfalls als bekannt angenommen werden können und dafs daher die Integrale jener

drei Gleichungen eigentlich nur die vier unbekannten Gröfsen x, y, z und t enthalten, so dafs man daher aus diesen drei Integralen drei andere Gleichungen ableiten wird,

$$x = f(t), \quad y = f'(t), \quad z = f''(t),$$

deren jede eine der drei Gröfsen x, y und z als Function der Zeit giebt. Da aber diese drei Gröfsen die Lage des Monds gegen die Erde ausdrücken, so wird man also, mit Hülfe der drei letzten Gleichungen, den wahren Ort des Mondes im Weltraume für jede gegebene Zeit erhalten. Wenn man dann aus denselben drei Gleichungen die Gröfse t eliminirt, so erhält man zwei Gleichungen blofs zwischen den Gröfsen x, y und z, und diese zwei Gleichungen werden die Gleichungen der Curve von doppelter Krümmung seyn, die von dem Monde während seiner Bewegung um die Erde beschrieben wird. Allein wir sind, wie gesagt, noch unendlich weit davon entfernt, jene drei Gleichungen aufstellen zu können, und wenn wir einmal dahin gelangen sollten, so wird uns doch höchst wahrscheinlich die wahre Natur der krummen Linie der Mondbahn immer ein undurchdringliches Geheimnifs bleiben. Bei diesem Zustande der Dinge begnügte sich Newton, der sich zuerst mit der Auflösung dieses schweren Problems beschäftigte, damit, wenigstens die gröfsten Störungen des Monds von der Sonne oder die vorzüglichsten Ungleichheiten zu bestimmen, welchen die Bewegung des Mondes unterworfen ist. Einige derselben, die beträchtlichsten, waren, wenigstens ihrer Existenz nach, schon lange vorher bekannt, da man sie unmittelbar durch Beobachtungen gefunden hatte. Aber ihre Gründe waren noch zu suchen, und dieses war das, was Newton durch eine sehr geschickte und scharfsinnige Behandlung jener Gleichungen geleistet hat.

Wir wollen die Resultate dieser Untersuchungen hier kurz anzeigen[1]. Zuerst suchte er die Einwirkung der Sonne auf die Bewegung des Monds um die Erde im Allgemeinen zu bestimmen. Er fand, dafs die Störung der Sonne die Schwere des Monds gegen die Erde, wie bereits gesagt worden ist, um ihren 360sten Theil vermindert, dafs also auch dadurch die mittlere Entfernung des Monds von der Erde um denselben Theil

1 Wegen der Gründe vergl. Littrow's theoretische und praktische Astronomie. Wien 1827. Th. III. S. 376.

vergröfsert oder dafs die Mondbahn selbst dadurch vergröfsert oder *erweitert* wird. Eine nähere Ansicht dieses Gegenstandes zeigte ihm, dafs diese gegen die Erde gerichtete Schwere oder Normalkraft des Mondes wegen der erwähnten Störung durch die Sonne sich am meisten von der reinen elliptischen Normalkraft entfernt, dafs also auch die ursprünglich elliptische Mondbahn die gröfste Aenderung ihrer Gestalt erleidet, wenn die Apsiden (d. h. die grofse Axe der Bahn) mit den Syzygien zusammenfallen, und umgekehrt die kleinste Aenderung, wenn die Apsiden mit den Quadraturen zusammenfallen. Diese Bemerkung gab ihm zugleich die Ursache der *jährlichen Gleichung* des Mondes, von welcher wir bald reden werden.

So wie die Normalkraft des Mondes, die in der Richtung der geraden Linie liegt, welche dieses Gestirn mit dem Mittelpuncte der Erde verbindet, durch die Einwirkung der Sonne gestört wird, so wird auch die Tangentialkraft des Mondes, die in der Richtung der Tangente seiner Bahn liegt, aus derselben Ursache Veränderungen erleiden. Jene, die Normalkraft, wirkt blofs auf die Entfernung des Monds von der Sonne, ohne die Geschwindigkeit seiner Bewegung zu ändern; die Tangentialkraft aber ändert blofs die Geschwindigkeit, ohne auf die Entfernung des Monds einen Einflufs auszuüben. Durch die Störung der Sonne wird die Geschwindigkeit des Monds beschleunigt vom ersten Viertel bis zum Vollmond und vom letzten Viertel bis zum Neumond, während im Gegentheile diese Geschwindigkeit verzögert wird vom Neumond bis zum ersten Viertel und vom Vollmond bis zum letzten Viertel. Daraus folgt, dafs die Geschwindigkeit des Mondes in den Syzygien ein Gröfstes und in den Quadraturen ein Kleinstes ist oder dafs die stündliche Bewegung des Monds durch die Wirkung der Sonne von den Quadraturen zu den Syzygien wächst und von den Syzygien zu den Quadraturen abnimmt. Der Mond fängt daher immer in seinen Syzygien an, sich von der Erde mehr zu entfernen, als er in der reinen ungestörten Ellipse thun würde, während er im Gegentheile, so oft er in die Quadraturen kommt, sich der Erde wieder zu nähern anfängt.

Eine weitere Entwickelung der drei oben mitgetheilten Gleichungen, besonders der letzten, zeigte ihm den Grund,

aus welchem die Knoten der Mondbahn in der Ekliptik in einer immerwährenden Bewegung von Ost gen West begriffen sind, und zugleich die tägliche Bewegung derselben von 0° 3′ 10″, sehr nahe mit den Beobachtungen übereinstimmend. Ebenso fand sich die tägliche Bewegung des Perigeums der Mondbahn gleich 0° 6′ 40″, während die Neigung dieser Bahn gegen die Ekliptik und die Excentricität derselben bloſsen, in kurzen Zeiten wiederkehrenden, geringen Variationen unterworfen sind und daher als constant angesehn werden können, was ebenfalls mit den Beobachtungen vollkommen übereinstimmt. Endlich fanden sich noch aus jenen drei Gleichungen zwei groſse Störungen, von welchen die eine auf 2370 und die andere sogar auf 4590 Secunden gehn konnte, die wir sogleich näher betrachten wollen.

Aus dem Vorhergehenden kann man leicht folgende Schlüsse ableiten. Wenn die Apsiden der Mondbahn mit den Quadraturen zusammenfallen, so wird dadurch die Schwere des Monds gegen die Erde oder die Normalkraft der Erde vermehrt. Ist also dann der Mond in seinem Perigeum, so wird er sich in der zunächst folgenden Zeit weniger von der Erde entfernen, als er in der reinen Ellipse gethan hätte, oder seine gröſste Distanz in dem nächsten Apogeum wird kleiner seyn, als seine rein elliptische Distanz, d. h. mit andern Worten: die Bahn des Monds wird eine kleinere Excentricität erhalten. Dasselbe wird auch offenbar der Fall seyn, wenn zu jener Zeit der Quadratur der Mond in seinem Apogeum ist. Wenn aber die Apsiden nicht mit den Quadraturen, sondern mit den Syzygien zusammen fallen, so wird dadurch die Schwere der Erde gegen den Mond vermindert, und die Folge davon ist, daſs die Excentricität der Mondbahn in diesem Falle wenigstens scheinbar vergröſsert wird. Daraus folgt, daſs die Länge des Monds eine Ungleichheit hat, deren Form

$$A \operatorname{Sin.} (2a - m)$$

ist, wo a die mittlere Länge des Monds weniger der mittleren Länge der Sonne und wo m die mittlere Anomalie des Monds bezeichnet. In den Syzygien ist $a = 0$ oder 180°, also jene Störung gleich $- A \operatorname{Sin.} m$, ganz ähnlich mit dem ersten Gliede der Mittelpunctsgleichung[1], nur mit verkehrtem Zeichen.

1 S. Art. *Anomalie*. Bd. I. S. 293.

Die Griechen vor Ptolemäus beobachteten den Mond nur zur Zeit der Finsternisse, also nur in seinen Syzygien, fanden daher das erste Glied dieser Mittelpunctsgleichung, d. h. die Excentricität der Mondbahn zu klein. Ptolemäus fing zuerst an, den Mond auch zur Zeit der Quadraturen zu beobachten, wo a = 90 oder 270° ist und wo ihm daher diese Störung unter der Form + A Sin. m erschien, unter welcher sie daher die Mittelpunctsgleichung und also auch die Excentricität der Bahn ebensoviel zu groſs gab. Er schloſs daraus, daſs die Excentricität der Mondbahn veränderlich sey, was, wie wir jetzt sehn, unrichtig ist. Nachdem einmal die Existenz dieser Störung bekannt war, konnte man ihren gröſsten Werth A leicht durch Beobachtungen bestimmen und fand ihn gleich 4590 Secunden, so daſs also diese Störung, welche man die *Evection* nennt, durch + 4590 Sin. (2 a — m) ausgedrückt wird, welche Gleichung man zu der elliptischen Länge des Monds mit ihrem Zeichen hinzusetzen muſs, um die wahre Länge desselben zu erhalten.

Seit dieser schon von Ptolemäus entdeckten, obschon unrichtig erklärten Störung des Mondes wurde erst 1500 Jahre später wieder eine oder eigentlich zwei neue groſse Ungleichheiten des Mondes von Tycho de Brahe aufgefunden. Dieser eifrige und genaue Beobachter fand, daſs die Bewegung des Mondes in seiner Bahn eine periodische Ungleichheit zeige, die zur Zeit des Neu- und Vollmonds sowohl, als auch zur Zeit der beiden Quadraturen regelmäſsig verschwindet, und die immer ihren gröſsten positiven oder negativen Werth hatte, wenn die oben bezeichnete Gröſse a 45, 135, 225 oder 315 Grade betrug. Er sah daraus, daſs diese Störung die Form B Sin. 2 a haben müsse, und bestimmte ihren gröſsten Werth B zu 39 Minuten. Diese Ungleichheit wurde die *Variation* genannt. Wir haben oben gesehn, daſs die Geschwindigkeit des Monds in seiner Bahn bei den Syzygien die gröſste und bei den Quadraturen die kleinste, daſs sie also in den sogenannten Octanten ihren mittlern Werth habe. Dieser Zuwachs der Geschwindigkeit muſs also die Form

$$C \text{ Cos. } 2a$$

haben. Setzt man daher den durch diese Geschwindigkeit in einer gegebenen Zeit dt zurückgelegten Raum gleich ds, so ist

$$\frac{ds}{dt} = C \operatorname{Cos.} 2a.$$

Da aber die Gröfse a sich ebenfalls gleichmäfsig mit der Zeit ändert, so kann man $dt = C'.da$ setzen, wo C' so wie C eine constante Gröfse bezeichnet. Wir haben daher

$$ds = C.C'.da \operatorname{Cos.} 2a$$

und davon ist das Integral

$$s = \frac{C.C'}{2}. \operatorname{Sin.} 2a \text{ oder } s = B \operatorname{Sin.} 2a.$$

Nach den Beobachtungen ist B = 39 Minuten, so dafs man daher für die Variation hat

$$+2340'' \operatorname{Sin.} 2a.$$

Endlich bemerkte Tycho noch eine andere beträchtliche Ungleichheit des Monds, indem er die in verschiedenen Jahreszeiten angestellten Beobachtungen unter einander verglich. Er fand nämlich die Länge des Monds immer kleiner, als sie der Theorie gemäfs seyn sollte, während der sechs Monate, die die Sonne gebraucht, um von der Erdnähe in die Erdferne zu kommen, während sie die andere Hälfte des Jahres im Gegentheile wieder zu grofs war. Der gröfste Werth dieser Ungleichheit stieg auf 670 Secunden, und zwar zu der Zeit, wo die Sonne ihre mittleren Entfernungen von der Erde hat, während sie in denjenigen zwei Epochen völlig verschwand, wo die Sonne ihren gröfsten oder kleinsten Abstand von der Erde hatte. Tycho schlofs daraus, dafs diese Ungleichheit die Form $D \operatorname{Sin.} m'$ haben müsse, wo m' die mittlere Anomalie der Sonne bezeichnet, und er nannte sie die *jährliche Gleichung* (*Aequatio annua*), weil ihre Periode genau mit der Länge eines Sonnenjahrs zusammen fällt. Diese Gleichung ist eine einfache Folge der oben erwähnten Verminderung der Normalkraft der Erde, die durch die Einwirkung der Sonne erzeugt wird.

Zu diesen drei Störungen des Monds durch die Sonne wird man nun noch die Gleichung des Mittelpuncts setzen müssen, um diejenige Ungleichheit seiner Bewegung auszudrücken, die daher kommt, dafs der Mond sich nicht in einem Kreise, sondern dafs er sich in einer Ellipse bewegt. Wir haben bereits oben die Excentricität dieser Ellipse

e = 0,054844 angegeben und daraus folgt sofort die Mittelpunctsgleichung des Monds

$$+(6^{\circ}\,16')\,\mathrm{Sin.}\,m + (12'\,50'')\,\mathrm{Sin.}\,2\,m.$$

F. Kleinere Störungen des Mondes.

Mit diesen vier Correctionen der mittlern Länge des Monds begnügte man sich seit dem Anfange der Astronomie bis gegen die Mitte des 18. Jahrhunderts. Jetzt aber hatten sich Clairaut, d'Alembert, L. Euler und Tob. Mayer mit der Theorie der Mondbahn, d. h. mit der genauern Entwickelung der drei oben gegebenen Differentialgleichungen, beschäftigt und gefunden, daſs es noch eine groſse Anzahl solcher Störungen des Monds gebe, die zwar geringer, als die eben erwähnten, aber doch noch immer zu groſs waren, um sie den neueren genauern Beobachtungen gegenüber vernachlässigen zu können. In der That stimmten diese Beobachtungen mit den Rechnungen oder mit den Mondtafeln, welche sich die Astronomen entworfen hatten, noch so wenig überein, daſs der Unterschied beider oft auf mehrere Minuten ging, und so groſse Fehler konnte man nicht mehr übersehn, wenn man den Mond zu geographischen Längenbestimmungen oder zur Regulirung unserer Schifffahrt anwenden wollte. Die genannten Männer, und unter ihnen vorzüglich Mayer, fanden durch sehr genaue und mühsame Untersuchungen, daſs es unter den Störungen des Mondes durch die Sonne eine groſse Anzahl von Gleichungen gebe, die alle die Form

$$A\,\mathrm{Sin.}\,B$$

hatten, wo der Winkel B auf das Mannigfaltigste von der mittlern Länge l und der mittlern Anomalie m des Mondes, von der mittlern Länge l' und der mittlern Anomalie m' der Sonne und von der Länge k des aufsteigenden Knotens der Mondbahn abhängt. So fanden sie z. B. die Störungen

$$A\,\mathrm{Sin.}\,(l - l');\; B\,\mathrm{Sin.}\,(l - k);\; C\,\mathrm{Sin.}\,2(l - l' - m);\; D\,\mathrm{Sin.}\,(m + m')\ \text{u. s. w.}$$

und sie sahn wohl, daſs in vielen dieser Störungen die gröſsten Werthe derselben, d. h. die Werthe von A, B, C, D..., beträchtlich genug seyn müssen, um in den Beobachtungen jene Fehler von mehrern Minuten zu erklären. Aber so leicht es ihnen auch geworden war, diese Form der neuen Störungen

zu bestimmen, so schwierig war es zugleich, den wahren Werth dieser Gröfsen A, B, C.. ganz ebenso aus der blofsen Theorie zu finden, da diese von einer Menge Gröfsen, von der Excentricität und Neigung der Mondbahn, von der Bewegung ihrer Knoten und Perihelien u. s. w. abhingen, die man alle auf das Genaueste kennen mufste, weil schon die geringsten Fehler in den letzten Gröfsen auf die Werthe von A, B, C..... oft sehr nachtheiligen Einflufs äufserten. Unter diesen Verhältnissen blieb demnach nichts übrig, als diese Werthe von A, B, C.. unmittelbar durch die Beobachtungen selbst zu bestimmen und zuzusehn, wie grofs man wohl jede derselben annehmen müsse, damit dadurch den Beobachtungen am meisten entsprochen werde; ein äufserst weitläufiges, mühsames und unsicheres Geschäft, da dieser zu bestimmenden Gröfsen A, B, C.. so viele waren und da überdiefs mehrere von ihnen nur einen kleinen Werth hatten, dafs wenig Hoffnung übrig bleiben konnte, sie, auf diesem Wege, unter so vielen andern mit Sicherheit aufzufinden. Dessen ungeachtet haben die Astronomen die Mühe dieser Arbeit nicht gescheut und unter ihnen haben besonders Mason, Bürg und Burckhardt durch ihren unermüdlichen Fleifs sich ausgezeichnet; auch gelang es vorzüglich dem letzten, unsern Mondtafeln dadurch eine Genauigkeit zu geben, die mit der, welche sie noch vor funfzig Jahren hatten, nicht weiter zu vergleichen war, die aber dessen ungeachtet zuweilen noch Fehler von 30 und mehr Secunden gaben und daher eine neue, vollkommene Revision des Gegenstandes wünschenswerth und selbst nothwendig machten.

Diese unternahm Carlini mit Plana gemeinschaftlich und in den letzten Jahren Damoiseau für sich allein. Die bereits herausgegebenen Tafeln des Letztern sind blofs auf die Theorie gegründet, indem sie, wie die bisher viel vollkommenern Planetentafeln, nur diejenigen constanten Gröfsen aus den Beobachtungen nahmen, die allein daher genommen werden können, und diese Mondtafeln stimmen so gut mit den besten Beobachtungen des Mondes überein, dafs wohl nur sehr wenig mehr zu ihrer völligen Vollendung zu wünschen übrig seyn möchte.

Um den Lesern die vorzüglichsten dieser Gleichungen

der Tafeln von DAMOISEAU[1] zur Uebersicht mitzutheilen, sind hier alle diejenigen angeführt, deren gröfster Werth nicht unter einer halben Minute ist.

Behält man die oben angeführte Bedeutung der Gröfsen l, m, l', m' bei und setzt man der Kürze wegen a = l — l' und b = l — k, so ist

die *wahre Länge* des Monds

$$= l + 22640'' \operatorname{Sin.} m + 769 \operatorname{Sin.} 2m + 37 \operatorname{Sin.} 3a$$
$$- 122 \operatorname{Sin.} a + 2370 \operatorname{Sin.} 2a - 674 \operatorname{Sin.} m'$$
$$- 412 \operatorname{Sin.} 2b + 212 \operatorname{Sin.} 2(a - m)$$
$$+ 39 \operatorname{Sin.} (4a - m)$$
$$+ 192 \operatorname{Sin.} (2a + m) - 109 \operatorname{Sin.} (m + m')$$
$$+ 148 \operatorname{Sin.} (m - m')$$
$$+ 166 \operatorname{Sin.} (2a - m') + 207 \operatorname{Sin.} (2a - m' - m)$$
$$- 45 \operatorname{Sin.} (2b + m)$$
$$- 39 \operatorname{Sin.} (2b - m) + 55 \operatorname{Sin.} 2(a - b)$$
$$+ 4590 \operatorname{Sin.} (2a - m).$$

Man sieht, dafs von diesen Gliedern die ersten drei die oben erwähnte Gleichung der Bahn, das fünfte Glied die Variation, das sechste die jährliche Gleichung und das letzte die Evection ist, dafs es aber, aufser den genannten und selbst aufser den in dieser Tafel angeführten, noch eine grofse Menge von Störungen giebt, die man bei dem heutigen verbesserten Zustande der beobachtenden Astronomie nicht mehr vernachlässigen kann.

Aufser diesen Störungen der Länge erleidet auch die Entfernung des Monds von der Erde oder, was dasselbe ist, seine Parallaxe bedeutende Störungen, die ebenfalls aus jenen drei allgemeinen Differentialgleichungen fliefsen und von welchen die vorzüglichsten folgende sind. Die *Horizontalparallaxe* des Monds für den Aequator ist, nach DAMOISEAU's Tafeln, wie schon oben erwähnt worden ist, gleich

$$3454'' + 186 \operatorname{Cos.} m + 10 \operatorname{Cos.} 2m + 28 \operatorname{Cos.} 2a + 34 \operatorname{Cos.} (2a - m),$$

wenn die Störungen unter 10" als zu gering weggelassen werden.

Endlich setze man zu jeder der drei Gröfsen m, a und b die so eben angeführten Störungen der Länge und nenne

1 Herausgekommen zu Paris 1824.

diese so verbesserten Gröfsen μ, α und β. Dieses vorausgesetzt erhält man für die *Breite* des Monds den Ausdruck

$$18540'' \text{Sin.}\beta + 13 \text{Sin.}\, 3\beta + 528 \text{Sin.}(2\alpha-\beta) - 14 \text{Sin.}(\mu-\beta) + 26 \text{Sin.}(2\mu-\beta) - 16 \text{Sin.}(2\alpha-\beta-\mu) + 24 \text{Sin.}(\beta+m') + 25 \text{Sin.}(\beta-m') + 22 \text{Sin.}(2\alpha-b-m') - 10 \text{Sin.}(2\alpha-\beta-m').$$

Durch diese drei Ausdrücke wird nun innerhalb der bezeichneten Grenzen die wahre Länge bis 30″, die Parallaxe und die Breite aber bis 10″ genau dargestellt.

Wenn man den Ausdruck irgend einer Störung der Länge, die nach dem Vorhergehenden im Allgemeinen die Form $A \text{Sin.}\, \alpha$ hat, kennt, so ist es leicht, die *Periode* zu bestimmen, in welcher die von dieser Störung kommenden Veränderungen der Länge eingeschlossen sind. Für die jährliche Gleichung z. B. ist α gleich der Anomalie der Sonne, die Periode dieser Gleichung ist also gleich der Zeit, in welcher sich die Anomalie der Sonne um 360 Grad ändert, also gleich dem anomalistischen Sonnenjahre. Für die Variation ist $\alpha = 2(l - l')$. Allein die Länge l des Monds ändert sich in einem Tage um 13°,176 und die Länge l′ der Sonne um 0,980, also ändert sich $2(l - l')$ in einem Tage um 12°,196 und daher um volle 360° in 14,76 Tagen, so dafs daher die Periode der Variation 14,76 Tage oder die Hälfte des synodischen Monats beträgt. Ebenso ist für die Evection $\alpha = 2(l - l') - m$, und da die tägliche Veränderung von $2(l - l')$ gleich 12,196 und die von der mittlern Anomalie m des Monds gleich 13,065 ist, so ist die tägliche Aenderung von $2(l - l') - m$ gleich 11,327 und daher die Periode der Evection $\frac{360}{11{,}327} = 31{,}78$ Tage.

Auf diese Weise kann man also sehr leicht die Periode einer jeden dieser Störungen finden, wenn man nur die täglichen Aenderungen des Arguments α dieser Störung kennt. Allein es giebt, wie die Theorie zeigt, mehrere Störungen des Mondes, in welchen die täglichen Aenderungen des Arguments sehr klein sind, deren Periode also sehr grofs seyn mufs, und da diese Störungen meistens nur klein sind, so ist es unmöglich, ihr Daseyn blofs durch die Beobachtungen zu entdecken. Wenn sie uns nun auch durch die Theorie nicht angezeigt würden, so wäre man gezwungen, die mittlere Bewegung des Monds, die doch sonst bei allen Himmelskörpern constant ist,

als veränderlich anzusehn. Dieses war in der That der Fall mit mehrern solchen Störungsgleichungen der Länge, deren Periode 200 und selbst noch mehr Jahre beträgt und die daher, so lange ihre Existenz ungewifs blieb, jeder weitern Vervollkommnung der Mondstafeln sich hinderad entgegen setzen mufsten.

G. Acceleration der mittleren Bewegung des Mondes.

Obschon die ersten Geometer des verflossenen Jahrhunderts, und unter ihnen besonders Laplace, alle diese kleinen Störungen des Monds durch die Gewalt ihrer Analyse aufgefunden zu haben glaubten, so fand sich doch noch immer eine sehr sonderbare und nicht zu erklärende Erscheinung in der Bewegung dieses Himmelskörpers. Ptolemäus hat uns in seinem Almagest mehrere Beobachtungen von Finsternissen erhalten, welche die Chaldäer um das Jahr 720 vor Christo angestellt haben. Andere Finsternisse hat er selbst, um das Jahr 130 nach Chr. Geb. beobachtet. In einem von der Bibliothek zu Leiden verwahrten arabischen Manuscripte des Astronomen Ebn-Junis, das uns Coussin übersetzte, finden sich andere Finsternisse, welche dieser Araber zu Kairo am Ende des zehnten Jahrhunderts beobachtet hatte. Endlich finden sich noch ähnliche Beobachtungen in Menge von Tycho im 16., von Hevel, Halley u. A. im 17. und von Bradley und den neueren Astronomen im 18. Jahrhundert. Aus je zwei solchen, in der Zeit sehr von einander entfernten Beobachtungen läfst sich die Umlaufszeit des Monds sehr einfach und mit grofser Sicherheit ableiten. Allein wenn man die älteren Beobachtungen unter einander verglich, so fand man immer eine gröfsere Umlaufszeit, als aus der Vergleichung mit den neueren Beobachtungen hervorging. Halley war der erste, der diese Sonderbarkeit bemerkte, und sie fand sich später, so sehr man sich auch gegen eine solche Erscheinung sträubte, vollkommen bestätigt. Demnach mufste man annehmen, dafs die Umlaufszeit des Monds mit den kommenden Jahrhunderten immer kleiner werde, oder mit andern Worten, dafs die mittlere Bewegung des Monds sich mit der Zeit *beschleunige*. Die Beobachtungen geben das Resultat, dafs diese Beschleunigung

der mittlern Geschwindigkeit in jedem Jahrhunderte fast 20 Secunden, also in t Jahrhunderten 20t Secunden betrage. Bezeichnet man also durch ds den Bogen, welchen der Mond in der Zeit dt mit jener Geschwindigkeit 20″t zurücklegt, so hat man, da das Product der Geschwindigkeit in die Zeit gleich dem zurückgelegten Raume ist,

$$ds = 20''\, t \,.\, dt,$$

also auch, wenn man integrirt,

$$s = 10''\, t^2,$$

wo t die Anzahl der Jahrhunderte nach 1800 bezeichnet.

Diese Gleichung ist so zu verstehn. Wenn man für den Anfang des 19. Jahrhunderts oder für die Epoche des Jahrs 1801 die mittlere Länge des Monds, nach dem Vorhergehenden, zu 111°,61189 und die mittlere tropische Revolution desselben zu 27,321582 Tagen bestimmt hat, so wird man daraus auf die bekannte Weise die mittlere Länge dieses Gestirns für jede andere gegebene Zeit durch eine sehr einfache Rechnung ableiten. Allein diese Rechnung wird desto fehlerhafter seyn, je weiter die gegebene Zeit von jener Epoche entfernt ist. Nennt man l die durch diese Rechnung erhaltene Länge des Monds, so wird die corrigirte Länge des Mondes seyn

$$l' = l + 10''\,.\,t^2,$$

wo t die Anzahl der seit jener Epoche verflossenen Jahrhunderte ist. Für das Jahr 1850 z. B. ist $t = +\frac{1}{2}$, also auch die wahre Länge des mittlern Monds $l' = l + \frac{10''}{4} = l + 2'',5$. Für das Jahr 2000 nach Chr. Geb. ist $t = 2$, also auch $l' = l + 40''$. Für das Jahr 1500 aber ist $t = -3$ und daher $10\,t^2 = 90'' = 1'\,30''$ und auch diese Correction muſs zu der durch jene Rechnung gefundenen Länge l addirt werden, um die corrigirte mittlere Länge des Monds für das Jahr 1500 zu erhalten.

Diese mit der Zeit immer fortgehende Beschleunigung der mittleren Bewegung des Mondes setzte die Astronomen in groſse Verlegenheit, da sie bisher der Ansicht waren, daſs die mittlern Bewegungen aller Körper unseres Sonnensystems vollkommen unveränderlich sind, eine Ansicht, welche auch bei allen Planeten durch die Beobachtungen sowohl, als auch durch die Theorie bestätigt wurde und die daher bloſs bei dem Monde eine Ausnahme zu machen schien. Sie bemühten sich lange vergebens, die Ursache dieser auffallenden Er-

scheinung aufzufinden. Sie suchten dieselbe in der Anziehung der Planeten auf den Mond, in der nicht vollkommen kugelförmigen Gestalt des Monds und der Erde, in der Einwirkung der Kometen, in dem Widerstande des Aethers, in welchem sich die Himmelskörper bewegen sollten, in der allmäligen Fortpflanzung der Schwerkraft von einem dieser Körper zu dem andern u. s. w., aber alle diese Versuche führten zu keinem gewünschten Erfolge.

Wir haben bereits oben gesagt, dafs durch die Wirkung der Sonne die Schwere des Monds gegen die Erde um ihren 360sten Theil vermindert werde. Um die Ursache davon einzusehn, sey S die Sonne, T die Erde und L der Mond in seiner Bahn LM. Man setze die Entfernungen $ST = R$, $TL = r$ und $SL = \varrho$ und bezeichne die Masse der Sonne durch S, die der Erde durch T. Nach dem Gesetze der allgemeinen Schwere ist die Kraft, welche die Sonne auf den Mond ausübt, gleich $\frac{S}{\varrho^2}$ nach der Richtung SL, und die Kraft, mit welcher die Erde nach der Richtung TL auf den Mond wirkt, ist gleich $\frac{T}{r^2}$. Diese beiden Kräfte sind es, welche die Bahn des Mondes und seine Geschwindigkeit in derselben bestimmen. Die erste oder die Kraft der Sonne läfst sich nach dem bekannten Verfahren in zwei andere zerlegen, von welchen die eine $\frac{Sr}{\varrho^3}$ nach LT und die andere $\frac{SR}{\varrho^3}$ nach TS oder nach der mit TS parallelen Lt gerichtet ist. Diese letzte fällt aber mit der Kraft $\frac{S}{R^2}$, welche die Sonne auf die Erde ausübt, zusammen, und sie würde daher, wenn sie dieser Kraft $\frac{S}{R^2}$ vollkommen gleich wäre, den Mond ganz ebenso anziehn, als die Erde, also auch die Bahn des Mondes nicht weiter ändern, sondern blofs beide Körper gemeinschaftlich und auf dieselbe Weise um die Sonne führen. Die Bahn des Mondes und die Bewegung des Mondes in dieser Bahn kann also nur dadurch gestört werden, dafs diese beiden letzten Kräfte $\frac{SR}{\varrho^3}$ und $\frac{S}{R^2}$ unter sich verschieden sind, also nur durch die Differenz dieser

Fig. 880.

Kräfte, d. h. durch die Kraft $\frac{SR}{\varrho^3} - \frac{S}{R^2}$, die wir P nennen wollen.

Da die Richtung dieser Kraft TS ist, so wollen wir sie durch die kleine Linie Ts vorstellen und durch ihren Endpunct s die Linie ss' senkrecht auf TL ziehn. Dann läfst sich aber diese Kraft P wieder in zwei andere

$$Ts' = P \operatorname{Cos.} ATL \text{ nach } TL \text{ und}$$
$$ss' = P . \operatorname{Sin.} ATL \text{ senkrecht auf } TL$$

zerlegen. Sammelt man das Vorhergehende und bemerkt man, dafs der Winkel STL gleich der Länge des Monds weniger der der Sonne ist, welchen Winkel wir oben durch a bezeichnet haben, so erhält man folgende auf den Mond wirkende Kräfte: erstens diejenigen, welche in der Richtung von TL wirken, deren Summe man die *Centralkraft* N, und zweitens diejenigen, welche in der auf TL senkrechten Richtung, also in der Richtung der Tangente der Mondbahn wirken und die man daher die *Tangentialkraft* M nennen kann. Es ist nämlich

$$\text{die Centralkraft } N = \frac{T}{r^2} + \frac{Sr}{\varrho^3} - P \operatorname{Cos.} a$$

und die Tangentialkraft

$$M = - P \operatorname{Sin.} a .$$

Betrachten wir zu unserem gegenwärtigen Zwecke die Centralkraft N etwas näher. Der erste Theil $\frac{T}{r^2}$ derselben kommt blofs von der Erde und durch sie ist es eigentlich, dafs der Mond seine elliptische Bahn um die Erde beschreibt. Da wir aber hier nur die von der Sonne kommenden *Störungen* der elliptischen Bewegung des Mondes untersuchen wollen, so bleiben für uns nur die beiden andern Theile jener Centralkraft übrig oder wir haben blofs die Kraft

$$N = \frac{Sr}{\varrho^3} - P \operatorname{Cos.} a$$

zu betrachten. Für die Zeit der Neu- und Vollmonde ist $a = 0$ oder $180°$ und $\varrho = R - r$ oder $\varrho = R + r$, also hat man für beide Fälle zugleich

$$N = \frac{Sr}{\varrho^3} \mp \left[\frac{SR}{\varrho^3} - \frac{S}{R^2}\right]$$

oder

$$N = \frac{Sr}{(R \mp r)^3} \mp \left[\frac{SR}{(R \mp r)^3} - \frac{S}{R^2}\right],$$

wo das obere Zeichen für Neumonde, das untere aber für Vollmonde gehört. Entwickelt man die Nenner dieses Ausdrucks und bemerkt man, daſs r gegen R sehr klein ist, so hat man, wenn man die zweiten und höhern Potenzen von $\frac{r}{R}$ vernachlässigt,

$$N = \frac{Sr}{R^3}\left(1 \pm \frac{3r}{R}\right) \mp \frac{SR}{R^3}\left(1 \pm \frac{3r}{R}\right) \pm \frac{S}{R^2},$$

das heiſst, man hat für beide Fälle

$$N = -\frac{2Sr}{R^3},$$

für die beiden Quadranten aber, wo $a = 90°$ oder $270°$ und $\varrho = R$ ist, hat man ebenso

$$N = +\frac{Sr}{R^3}.$$

Daraus folgt demnach, daſs die Centralkraft der Erde durch die Wirkung der Sonne in den Quadraturen um die Gröſse $\frac{Sr}{R^3}$ vermehrt, in den Neu- und Vollmonden aber um das Doppelte dieser Gröſse vermindert wird. Die Centralkraft der Erde ist aber $\frac{T}{r^2}$ oder gleich T, wenn man die Entfernung r des Monds von der Erde als die Einheit der Entfernungen betrachtet. Nimmt man ebenso die Masse der Erde als Einheit der Massen an, so ist $T = 1$ und $S = 330000$ und endlich $R = 392\,r = 392$, also auch

$$N = \frac{Sr}{R^3} = 0{,}00547 = \frac{1}{180}$$

oder die elliptische Bewegung des Monds wird durch die Störung der Sonne in den Quadraturen um ihren 180sten Theil vermehrt und zur Zeit der Neu- und Vollmonde um das Doppelte oder um ihren 90sten Theil vermindert. Demnach wird die Centralkraft der Erde, also auch die elliptische Bewegung oder die Winkelgeschwindigkeit des Monds im Ganzen mehr vermindert als vermehrt oder diese Winkelgeschwindigkeit wird im Allgemeinen um die Gröſse $\frac{Sr}{2R^3}$, das heiſst, um ihren 360sten Theil vermindert, wie wir oben gesagt haben.

Alles kommt nun darauf an, zu untersuchen, ob diese Gröfse $\frac{Sr}{2R^3}$ für alle Folgezeiten eine constante oder eine veränderliche Gröfse ist. Ist sie constant oder wird die Winkelgeschwindigkeit des Mondes durch die Störung der Sonne in allen Jahrhunderten nur um dieselbe Gröfse vermindert, so wird sich diese Verminderung mit der elliptischen Umlaufszeit des Monds um die Erde vermischen und diese Umlaufszeit wird dadurch zwar etwas gröfser werden, aber dessen ungeachtet mit der Folge der Jahrhunderte immer dieselbe gröfsere Umlaufszeit bleiben, und die Erklärung jener erwähnten räthselhaften Erscheinung kann daher in der Wirkung der Sonne auf die Erde nicht gefunden werden. Ganz anders aber wird sich diese Sache verhalten, wenn diese Gröfse $\frac{Sr}{2R^3}$ mit der Zeit selbst sich allmälig ändern sollte.

Nennt man m die mittlere Anomalie der Erde und ε das Verhältnifs der Excentricität der Erdbahn zu der halben grofsen Axe a derselben, so hat man bekanntlich

$$\frac{R}{a} = 1 - \varepsilon \,\mathrm{Cos.}\, m + \varepsilon^2 \,\mathrm{Sin.}^2 m - \ldots.$$

und daher auch

$$\frac{1}{R^3} = 1 + \frac{3\varepsilon^2}{2} + 3\varepsilon \,\mathrm{Cos.}\, m + \tfrac{9}{2}\varepsilon^2 \,\mathrm{Cos.}\, 2m + \ldots$$

Da nun die Gröfse $\frac{1}{R^3}$ von dem Winkel m abhängt und dieser von 0 bis zu 360 Graden sich ändert, so ist $\frac{1}{R^3}$ und sonach auch unsere Gröfse $\frac{Sr}{2R^3}$ allerdings eine veränderliche Gröfse. Allein da der Winkel m alle seine Werthe von 0 bis 360° in einem anomalistischen Erdenjahre durchläuft, so stellen sich diese Aenderungen der Gröfse $\frac{Sr}{2R^3}$ mit jedem Jahre periodisch wieder her, und aus ihnen läfst sich daher die oben erwähnte Erscheinung nicht erklären, da wir eigentlich nur solche Veränderungen der Gröfse $\frac{Sr}{2R^3}$ auffinden sollten, die entweder mit der Zeit ununterbrochen fortgehn, oder die doch, wenn sie ja wieder periodisch seyn sollten, erst nach vielen Jahr-

hunderten wieder zu ihren frühern Werthen zurückkehren, weil sich nämlich sonst die erwähnte Acceleration der mittleren Bewegung des Mondes, die schon seit dem Jahre 720 vor Chr. Geb., also über 2500 Jahre, der Beobachtung gemäſs, statt hat, wieder nicht erklären lassen würde.

Es ist daher nur noch zu untersuchen, ob der nicht periodische Ausdruck $1 + \frac{3\varepsilon^2}{2}$ der vorhergehenden Reihe eine constante oder aber eine veränderliche Gröſse ist. Es ist aber bekannt und die Theorie der Bewegung der himmlischen Körper hat es auſser Zweifel gesetzt, daſs die Excentricität der Erdbahn, so wie überhaupt die aller Planetenbahnen, eine veränderliche Gröſse ist. Nach dieser Theorie ist die Excentricität der Erdbahn

$$\varepsilon = 0{,}016794 - 0{,}00004163\,t,$$

wo t die Anzahl der Jahrhunderte nach dem Jahre 1801 ist. Vor dieser Epoche ist t negativ. Diese Excentricität nimmt also mit der Folge der Zeiten ab, also wird auch die Gröſse $\frac{3\varepsilon^2}{2}$, so wie die Gröſse $\frac{Sr}{2R^3}$ mit der Zeit kleiner oder die mittlere Geschwindigkeit des Monds, von welcher $\frac{Sr}{2R^3}$ die Verminderung ausdrückt, wird mit der Zeit weniger vermindert, d. h. vermehrt werden, und dieses stimmt allerdings mit der oben erwähnten Erscheinung überein, nach welcher die Umlaufszeit des Monds mit der Zeit immer kürzer werden soll. Es ist nur noch übrig, zu sehn, ob diese aus der gegebenen Veränderung von ε folgende Verminderung der Gröſse $\frac{Sr}{2R^3}$ mit der beobachteten Beschleunigung übereinstimmt.

Um dieses zu untersuchen, hat man für das Quadrat jener Abnahme der Excentricität in t Jahrhunderten $x = 0{,}0000013984\,t$, und wenn diese Abnahme in der That die Ursache der Beschleunigung der mittlern Bewegung des Monds seyn soll, so wird die Beschleunigung der mittlern Geschwindigkeit c des Monds in t Jahrhunderten $c = \frac{3}{2}x \cdot \frac{M}{180}$, wo M die mittlere siderische Bewegung des Monds in 100 Julianischen Jahren oder in 36525 Tagen bezeichnet. Nach den Mondtafeln ist aber $M = 1732559000$

Secunden und daher $c = 20{,}3\,t$. Bezeichnet man also durch ds den Bogen, welchen der Mond in der Zeit dt mit jener Geschwindigkeit c zurücklegt, so hat man

$$ds = c\,dt = 20{,}3\,t\,dt,$$

also auch

$$s = \frac{20{,}3}{2}\,t^2 \text{ oder } s = 10'',15\,t^2,$$

sehr nahe mit der oben durch Beobachtungen gefundenen Acceleration der Bewegung des Monds übereinstimmend, so dafs daher kein weiterer Zweifel seyn kann, dafs die wahre Ursache dieser Acceleration in der Abnahme der Excentricität der Erdbahn liege.

Wenn man die Rechnung genauer führt, so findet man für diese Säcularbewegung des Monds

$$10'',3\,t^2 + 0'',0142\,t^3.$$

Dieselbe Theorie zeigte zugleich, dafs auch die Bewegung der Knoten und der Apsiden einer solchen Säculargleichung unterworfen sind. Wir haben bereits oben die siderischen Umlaufszeiten dieser beiden Linien so angegeben, wie sie für den Anfang dieses Jahrhunderts statt haben. Beide hatte schon NEWTON und nach ihm noch mit mehr Sorgfalt CLAIRAUT gesucht, aber es war sonderbar, dafs diese zwei grofsen Geometer zwar die Bewegung der Knoten genau so grofs, aber die der Apsiden beinahe um die Hälfte kleiner gefunden hatten, als sie aus den Beobachtungen angegeben wurde. CLAIRAUT glaubte seiner Sache so gewifs zu seyn, dafs er, um diese Bewegung der Apsiden genau darzustellen, sogar das von NEWTON aufgestellte Gesetz der allgemeinen Schwere ändern und dem Ausdruck $\frac{m}{r^2}$ noch einen zweiten hinzufügen wollte, welcher erst in kleinern Entfernungen der anziehenden Körper für uns merkbare Wirkungen hervorbringt. Es entspann sich darüber ein Streit zwischen ihm und BÜFFON, der die Einfachheit der Naturgesetze aus metaphysischen Gründen aufrecht erhalten wollte. Allein CLAIRAUT fand bei einer spätern Revision seiner Berechnung, dafs er auf einige Glieder nicht gehörig Rücksicht genommen hatte, und indem er die Rechnung mit gröfserer Umsicht wiederholte, fand er auch die Theorie mit den Beobachtungen vollkommen übereinstimmend.

Erst Laplace aber, der die wahre Ursache der oben erwähnten Säculargleichung der mittlern Bewegung des Mondes entdeckt hatte, bemerkte zugleich, daſs auch jene Bewegung der Knoten und der Apsiden ähnlichen Säculargleichungen unterworfen ist. Er fand diese Gleichung für

$$\text{die Knoten} = 7'',6\,t^2 + 0'',0065\,t^3 \text{ und für}$$

$$\text{die Apsiden} = -30'',9\,t^2 - 0'',0426\,t^3,$$

wo wieder t die Anzahl der Jahrhunderte nach 1801 ist. Die erste Gröſse muſs, wie ihr Zeichen sagt, zu der mittleren Länge des Knotens addirt, die zweite aber von der mittlern Länge der Apsiden subtrahirt werden. Da nun die Knoten rückwärts und die Apsiden vorwärts gehn, so sieht man, daſs durch diese zwei Säculargleichungen die Bewegung der Knoten und die der Apsiden verzögert wird, während die Bewegung des Mondes selbst in seiner Bahn, wie wir gesehn haben, beschleunigt wird. Wenn diese drei Säculargleichungen in der That die eben angezeigte Form hätten, so würde z. B. aus der ersten derselben folgen, daſs der Mond mit der Zeit immer schneller um die Erde gehn, sich also auch ihr immer mehr nähern und daſs er endlich auf sie stürzen würde. Allein die angeführten Formen dieser Gleichungen $a t^2 + b t^3$ sind nur Abkürzungen von andern, welche sämmtlich aus Gliedern von der Gestalt bestehn

$$A \text{ Sin.} (B + C t) \text{ und } A' \text{ Cos.} (B' + C' t)$$

und in welchen die Gröſsen C und C′ sehr klein sind, so daſs sie sich, so lange auch t nicht groſs ist, auf die bekannte Weise in jene ersten Gleichungen umwandeln lassen, welche letzten daher nur für eine gewisse Anzahl von Jahrhunderten für richtig gelten können. In der That wird auch die Excentricität der Erdbahn nicht immer abnehmen, wie sie es allerdings schon seit vielen Jahrtausenden gethan hat, sondern sie wird später wieder zu wachsen anfangen, und dann werden auch jene drei Beschleunigungen in eine Verzögerung und umgekehrt übergehn.

Noch ist die Zeit nicht gekommen, wo wir die viele Jahrtausende umfassende Periode dieser Veränderungen und ihre gröſsten und kleinsten Werthe mit Verläſslichkeit zu bestimmen im Stande sind. Dazu ist vorzüglich eine sehr genaue Kenntniſs der Massen aller Planeten erforderlich, und die neuere beobachtende Astronomie ist noch zu jung, um uns

diese Massen mit Genauigkeit zu geben, die ältere aber ist viel zu unvollkommen, um bei so feinen Untersuchungen gebraucht werden zu können. Wenn man einmal nach vielen Jahrtausenden die wahren Werthe dieser Säcularbewegungen aus den Beobachtungen genauer kennen gelernt haben wird, so werden diese Kenntnisse selbst das beste Mittel seyn, um daraus jene Massen der Planeten mit der gröſsten Schärfe zu bestimmen. Denn es wird einmal, wenn gleich sehr spät, eine Zeit kommen, wo, bloſs in Folge dieser Säcularbewegungen, die mittlere Länge des Monds um volle 9 Grade und die Länge der Apsiden sogar um 28 Grade von demjenigen Puncte verrückt erscheinen werden, wo sie ohne diese Säcularstörungen am Himmel sich befinden müſsten.

Die oben erwähnte Abnahme der Excentricität der Erdbahn ist ungemein klein, da sie in einem Jahrhunderte nur 0,0000 4163 beträgt. Durch sie ist die Gleichung des Mittelpuncts der Sonne seit den ältesten Beobachtungen, die sich bis auf unsere Zeiten erhalten haben, d. h. seit den Jahren 700 vor Chr. Geb., noch nicht um volle 8 Minuten verändert worden, aber dafür hat dieselbe Ursache in der Länge des Monds eine Veränderung von nahe zwei Graden und in der mittlern *Anomalie* des Monds sogar eine Aenderung von vollen sieben Graden hervorgebracht. Auf diese Weise werden also die Variationen der Erdbahn durch die Einwirkung der Sonne von der Mondbahn, wie von einem vergröſsernden Hohlspiegel, wieder zu uns reflectirt. Aehnliche Wirkungen bemerkt man selbst bei den periodischen Störungen der Erde, da auch sie, wenn gleich nicht mehr vergröſsert, von diesem Spiegel der Mondbahn wieder zurückgeworfen werden. So erscheint die Gleichung des Mittelpuncts der Erde, die nahe zwei Grade beträgt, unter den Störungen des Monds, wo sie aber nur zwölf Minuten beträgt, also fast auf ihren zehnten Theil reducirt ist. So bringt die Anziehung des Monds selbst in der Länge der Erde eine Störung von nahe 7 Secunden hervor, und auch diese Störung spiegelt sich wieder in der Länge des Monds ab, die dadurch eine Störung von nahe 3 Secunden erhält. Betrachtet man endlich die sämmtlichen Störungen, welche die Erde von allen übrigen Planeten erleidet, die in ihrem Maximum auf 36 Secunden gehn können, so erzeugt diese Störung der Erde in der Bewegung des Monds

eine zweite Störung, die gröfser ist, als selbst diejenige, welche der Mond unmittelbar von allen jenen Planeten erleidet. Diese säculare Acceleration der mittlern Länge des Monds zeigt uns zugleich, dafs die Länge des Tags oder die Dauer der Umwälzung der Erde um ihre Axe seit den ältesten Beobachtungen, die auf uns gekommen sind, immer genau dieselbe geblieben ist[1].

Wenn man die Störungen der *Breite* des Monds genauer untersucht, so findet man unter ihnen auch eine von der Form

$$\frac{(\alpha - \frac{1}{2}\beta)}{2(g-1)} \cdot \left(\frac{R}{a}\right)^2 \text{Sin.} 2e . \text{Sin.} l,$$

wo l die wahre Länge des Monds, R den Halbmesser der Erde, a die mittlere Entfernung des Monds von der Erde, e die Schiefe der Ekliptik und β das Verhältnifs der Centrifugalkraft der Erde zu ihrer Schwere am Aequator, α die Abplattung der Erde und endlich $(g-1).l$ die jährliche Bewegung der Knoten der Mondbahn bezeichnet. Man hat $\frac{R}{a} = 0{,}01663$, $\beta = \frac{1}{289}$, $e = 23^\circ 28'$ und $g = 1{,}004$, und demnach erhält man für jene Gleichung

$$\frac{0{,}02513\alpha - 0{,}0000435}{\text{Sin.} 1''} . \text{Sin.} l.$$

Nach den Beobachtungen findet man aber dieselbe Gleichung

$$6'',5 \text{ Sin.} l,$$

woraus sofort, wenn man beide Ausdrücke gleich setzt, für die Abplattung der Erde folgt

$$\alpha = \frac{1}{335},$$

sehr nahe mit derjenigen übereinstimmend, die wir durch Pendelbeobachtungen und unmittelbare Meridianvermessungen der Erde erhalten haben. Wenn die Abplattung der Erde, wie mehrere Astronomen gefunden haben wollten, gleich $\frac{1}{230}$ wäre, so würde jene Störung der Mondbreite gleich

$$14'' \text{ Sin.} l$$

seyn, was sich mit den Beobachtungen nicht in Uebereinstimmung bringen läfst.

Eine andere kleine Störung der Länge des Mondes fand LAPLACE gleich

$$\frac{19}{4} \cdot \frac{(\alpha - \frac{1}{2}\beta)}{g-1} \cdot \left(\frac{R}{a}\right)^2 . \gamma \text{ Sin.} 2e . \text{Sin.} \Omega,$$

1 S. Art. *Tag*.

wo Ω die Länge des aufsteigenden Knotens der Mondbahn und γ die Tangente der Neigung der Mondbahn gegen die Ekliptik bezeichnet. Es ist aber $\gamma = 18580'' \text{Sin. } 1''$, und wenn man β, g, $\frac{R}{a}$ und e wie zuvor nimmt, so hat man für diese Störung

$$4436\,(\alpha - 0{,}00173)\ \text{Sin}\ \Omega.$$

Die Beobachtungen aber geben diese Störung gleich $5'',6 \text{ Sin. } \Omega$, also hat man, wenn man wieder beide Ausdrücke einander gleich setzt,

$$\alpha = \frac{1}{335}, \text{ wie zuvor.}$$

Wollte man $\alpha = \frac{1}{230}$ nehmen, so würde jene Störung gleich $11'',6 \text{ Sin. } \Omega$, also fast doppelt so grofs seyn, als zuvor, was mit den Beobachtungen im Widerspruche steht. Diese Abplattung $\frac{1}{230}$ hatte bekanntlich NEWTON durch seine Theorie gefunden, wobei er aber von der Voraussetzung ausging, dafs die Dichtigkeit der Erde in allen ihren Puncten dieselbe sey, was sehr unwahrscheinlich ist, da ohne Zweifel diese Dichte mit der Annäherung zum Mittelpuncte der Erde zunimmt. Aus dieser Ursache stimmt auch die von NEWTON gefundene und durch seine Autorität lange nach ihm beibehaltene Abplattung von $\frac{1}{230}$ nicht mit den übrigen Bestimmungen dieser Gröfse, die sich im Allgemeinen für eine Abplattung von $\frac{1}{301}$ oder in runder Zahl für $\frac{1}{300}$ vereinigen.

Es ist sehr merkwürdig und interessant, dafs der Mond, der schon seinen frühesten Beobachtern bei Gelegenheit der Mondfinsternisse gelehrt hat, dafs unsere Erde im Allgemeinen die Gestalt einer Kugel hat, nun auch der neueren beobachtenden Astronomie die Abweichung der Erde von dieser Kugelgestalt oder dafs er uns, blofs durch die Beobachtungen seiner Länge und Breite, auch die Abplattung der Erde kennen gelehrt hat.

Endlich giebt es noch eine, auch bereits oben mit angeführte Störungsgleichung der Länge des Monds, welche die Form hat

$$\tfrac{8}{21} \cdot \frac{\pi}{\omega \text{ Sin. } 1''} \text{ Sin. } (l' - l),$$

wo l' und l die wahre Länge der Sonne und des Monds und

π, ω die Horizontalparallaxe der Sonne und des Monds bezeichnen. Die Beobachtungen geben diese Gleichung gleich

$$122'' \text{ Sin. } (l'-l)$$

und da, nach dem Vorhergehenden, $\omega = 0^\circ\, 57'\, 34'' = 3454''$ ist, so hat man

$$\tfrac{6}{23} \cdot \frac{\pi}{3454 \text{ Sin. } 1''} = 122'' \text{ oder } \pi = 8'',5,$$

so dafs daher durch blofse Beobachtungen des Mondes auch die Horizontalparallaxe der Sonne, d. h. die Entfernung der Sonne von der Erde bestimmt werden kann.

II. Bestimmung der Gröfse der Erde durch blofse Beobachtungen des Monds.

Es ist bekannt, dafs Newton das von ihm entdeckte Gesetz der allgemeinen Gravitation zuerst dadurch als das wahre Gesetz der Natur erkannte, weil die Bewegung des Mondes ganz nach demselben Gesetze vor sich ging, nach welchem wir die Körper auf der Oberfläche der Erde in ihrem freien Falle sich bewegen sehn, indem, wie seine darüber angestellten Rechnungen zeigten, die Körper auf der Erdoberfläche, so wie auch der Mond, von der Erde so angezogen werden, dafs die Kraft oder die Stärke dieser Anziehung sich verkehrt wie das Quadrat der Entfernung des angezogenen Körpers vom Mittelpuncte der Erde verhält. Newton bedurfte zu dieser Berechnung die Kenntnifs des Halbmessers der Erde in irgend einem bekannten Mafse, z. B. in Meilen oder Fufsen ausgedrückt, und man weifs, wie lange er mit der gewünschten Bestätigung seiner Entdeckung hingehalten wurde, weil er seiner Rechnung eine damals zwar allgemein angenommene, aber dennoch unrichtige Gröfse des Halbmessers der Erde zum Grunde gelegt hatte.

Indem wir hier kurz dieselben Schlüsse wiederholen, wollen wir sie, unserem Zwecke gemäfs, so stellen, dafs man darin diese Gröfse des Erdhalbmessers als die gesuchte oder unbekannte Gröfse betrachtet, da wir in unsern Zeiten in der That nicht mehr nöthig haben, die Existenz des Gesetzes der Gravitation durch irgend eine neue Erscheinung der Natur zu beweisen. Nennen wir daher g den Raum, welchen ein Körper auf der Oberfläche der Erde im freien Raume senkrecht

fallend in der ersten Secunde zurücklegt, sey ferner r der Halbmesser der Erde, dieselbe hier als eine Kugel vorausgesetzt, und endlich R die Entfernung des Mittelpuncts der Erde von dem des Mondes. Alle diese drei Gröſsen g, r und R wollen wir als in Par. Fuſs ausgedrückt voraussetzen.

Wenn der Mond, indem er sich um die Erde bewegt, in der That demselben Gesetze, wie jener fallende Körper auf der Oberfläche der Erde gehorcht, so wird also auch er in jeder Secunde um einen bestimmten Raum gegen die Erde fallen. Wir wollen diesen Raum, um welchen der Mond in jeder Secunde sich der Erde nähert, m nennen und auch diese Gröſse m in Par. Fuſs ausgedrückt voraussetzen. Endlich wollen wir noch, wie zuvor, ω die Horizontalparallaxe des Monds und T die siderische Umlaufszeit desselben nennen, so daſs also $\text{Sin.}\,\omega = \frac{r}{R}$ ist. Dieses vorausgesetzt müssen wir zuerst die Gröſse m oder den Fall des Mondes gegen die Erde kennen. Da die siderische Umlaufszeit des Mondes $T = 27{,}321661$ Tage ist, so findet man den Winkel α, welchen der Mond in jeder Zeitsecunde während seiner mittleren Bewegung zurücklegt, durch die Proportion

$$360 \cdot 60^2 : \alpha = T \cdot 24 \cdot 60^2 : 1$$

oder man hat

$$\alpha = \frac{15}{T} = 0'',54901,$$

wo α in Raumsecunden ausgedrückt ist. Kennt man aber den Winkel α, so ist damit auch der Sinus versus desselben Winkels bekannt, und da dieser den Fall des Monds gegen die Erde während einer Zeitsecunde ausdrückt, so hat man

$$m = 2\,R\,\text{Sin.}^2\,\frac{\alpha}{2}.$$

Allein nach dem erwähnten Gesetze der allgemeinen Schwere verhalten sich die Fallhöhen, wie verkehrt die Quadrate der Entfernungen der fallenden Körper vom Mittelpuncte der auf sie wirkenden Kraft, d. h. von dem Mittelpuncte der Erde, so daſs man hat

$$m : g = \frac{1}{R^2} : \frac{1}{r^2},$$

oder wenn man den vorhergehenden Werth von m substituirt und $R = \frac{r}{\text{Sin.}\,\omega}$ setzt,

$$r = 2g \cdot \frac{\omega^3}{\alpha^2} \cdot \text{Sin.}\,1'',$$

und dieser letzte Ausdruck giebt den Halbmesser r oder die Gröfse der Erde, wenn die Werthe von g, ω und α bekannt sind. Was nun die Gröfse α betrifft, so kennt man sie, wenn man die Umlaufszeit des Monds kennt, da $\alpha = \frac{15}{T}$ ist. Allein diese Umlaufszeit ist unter allen Elementen des Mondes am leichtesten mit grofser Schärfe zu bestimmen, da man dazu nur zwei, in der Zeit sehr entfernte Beobachtungen des Monds bedarf. Aus dieser Ursache haben denn auch die alten Griechen diese Umlaufszeit T schon so genau bestimmt, dafs die neuere, in so hohem Grade genauere, beobachtende Astronomie nur wenig mehr daran zu verbessern gefunden hat. Die zweite Gröfse g aber oder der Fallraum der Körper in der ersten Secunde wird, wie man weifs, durch Pendelbeobachtungen mit aller nur wünschenswerthen Schärfe bestimmt[1]. Die Gröfse ω endlich oder die mittlere Horizontalparallaxe des Monds kann, wie man weifs, durch beobachtete Rectascensionsdifferenzen des Mondes und eines ihm nahe stehenden Fixsterns bestimmt werden[2], ohne dafs dabei der Beobachter sein Zimmer verlassen mufs. Demnach erhält man durch blofse Mondbeobachtungen die beiden Gröfsen T oder α und ω, und wenn man damit die Pendelbeobachtungen oder die Gröfse g verbindet, so wird man daraus den Halbmesser r der kugelförmigen Erde durch Hülfe der Gleichung

$$r = \frac{2g \cdot \omega^3\ \text{Sin.}\,1''}{\alpha^2}$$

bestimmen können. Die Gröfse g ist, nach den neuesten Bestimmungen, gleich 15,0537 Par. Fufs am Aequator und ω haben wir bereits oben gleich 3454 Secunden gefunden. Verbindet man damit den schon zuvor angeführten Werth von $\alpha = 0'',54901$, so erhält man durch die letzte Gleichung

den Werth von r = 19 955130 Par. Fufs oder
r = 873,623 geogr. Meilen,

---

1 S. Art. *Schwere*. Bd. VIII. S. 613.

2 S. Littrow's Vorlesungen über Astronomie. Th. I. S. 276.

deren 15 auf einen Grad des Aequators gehn, wenn man nämlich die Meile zu 22841,8 Par. Fufs annimmt.

Um zu sehn, mit welcher Sicherheit man den Halbmesser r der Erde aus den drei Gröfsen g, ω und T ableiten könne, hat man, wenn man den vorhergehenden Ausdruck für r in Beziehung auf alle in ihm enthaltene Gröfsen differentiirt,

$$dr = \frac{r}{g}.dg + \frac{3r}{\omega}.d\omega - \frac{2r}{\alpha}d\alpha.$$

Allein da $\alpha = \frac{15}{T}$, so ist $d\alpha = -\frac{15}{T^2}dT$, also auch

$$dr = \frac{r}{g}.dg + \frac{3r}{\omega}.d\omega + \frac{2r}{T}.dT.$$

Substituirt man in diesem Ausdrucke die vorhergehenden Werthe von r, g, ω und T, so erhält man

$$dr = 58{,}034\, dg + 0{,}759\, d\omega + 0{,}00074\, dT,$$

wo dg der Fehler von g in Theilen des Pariser Fufses, $d\omega$ der von ω in Raumsecunden und dT der von T in Zeitsecunden, und wo endlich der daraus folgende Fehler dr des Erdhalbmessers r in geogr. Meilen gefunden wird. Man sieht daraus, dafs ein Fehler dg = 0,0007 Fufs oder von nahe $\frac{1}{10}$ Linie die Gröfse r um 0,041 Meilen unrichtig giebt und dafs ebenso ein Fehler dT = 60 Secunden die Gröfse r um 0,044 Meilen fehlerhaft macht. Allein beide Gröfsen g und T, besonders die letzte, sind lange nicht bis auf diese Fehler unsicher, daher auch ihretwegen der so bestimmte Erdhalbmesser r gewifs bis auf weniger als $\frac{1}{100}$ einer Meile der Wahrheit nahe stehn mufs. Nicht so ist es mit der Horizontalparallaxe ω des Mondes, von welcher jede fehlerhafte Secunde die Gröfse r schon um 0,759 Meilen unrichtig macht. Nähme man z. B. $\omega = 3435''$, also um 19 Secunden kleiner an, als zuvor, so hätte man $0{,}759 \times -19 = -14{,}421$

$$\begin{array}{r} 873{,}623 \\ \hline 859{,}202 \end{array}$$

oder der Halbmesser der Erde würde, bei dieser Parallaxe des Monds von 3435 Secunden, 859,2 geogr. Meilen, d. h. sehr nahe so viel betragen, als aus den neuesten Meridianmessungen folgt.

Der Mond also, der durch seine Finsternisse schon den ältesten Astronomen gezeigt hat, dafs die Erde sehr nahe die

Gestalt einer Kugel hat, lehrt uns, wenn wir die Beobachtungen dieses Himmelskörpers mit denen des Pendels auf der Oberfläche der Erde verbinden, zugleich die Gröfse dieser Kugel kennen, so wie uns seine Störungen durch die Sonne auch die Abweichung der Gestalt der Erde von der einer Kugel oder die *Abplattung* der Erde und zugleich, wie wir oben gesehn haben, die *Entfernung der Sonne* von der Erde kennen gelehrt haben. Nach weiter fortgesetzten Beobachtungen dieses Satelliten, besonders in Beziehung auf die Bewegung seiner Apsiden, werden wir auch die durch alle andere Mittel so schwer zu erhaltenden *Massen der übrigen Planeten* kennen lernen, so wie wir bereits durch seine Hülfe auch die Veränderung der Excentricität der Erdbahn mit grofser Genauigkeit bestimmt und uns zugleich überzeugt haben, dafs die Länge unseres Tages, diese Basis aller beobachtenden Astronomie, in allen Zeiten eine ganz unveränderliche Gröfse ist. Verbinden wir damit den Nutzen, welchen das Studium dieses Satelliten unserer mathematischen Geographie und unserer Marine gebracht hat, so müssen wir die Kenntnisse, welche er uns verschafft hat, als wahre Wohlthaten dankbar anerkennen und zugleich gestehn, dafs die Astronomen ihre Zeit wohl angewendet und alles gethan haben, um aus dem nächsten und uns so recht eigentlich angehörenden Himmelskörper allen den Nutzen zu ziehn, der sich mit Einsicht und Beharrlichkeit daraus ziehn liefs, besonders wenn man bedenkt, welche Anstrengung es dem menschlichen Geiste gekostet haben mag, die mathematische Analyse bis zu dem gegenwärtigen Grade zu vervollkommnen, dieses wunderbare Instrument unseres geistigen Auges, ohne welches es unmöglich gewesen wäre, eine so verwickelte Theorie, wie die des Mondes ist, zu durchdringen.

I. Rotation des Mondes.

Nachdem wir so das Vorzüglichste über die Bewegung des Mondes um die Erde gesagt haben, wenden wir uns zu andern merkwürdigen Eigenheiten dieses Himmelskörpers und betrachten zuerst die Bewegung desselben um seine eigene Axe oder die *Rotation* desselben. Wir haben bereits oben gezeigt, dafs die Knotenlinie der Mondbahn mit der Ekliptik

veränderlich ist, indem diese Knotenlinie in einem gemeinen Jahre von 365 Tagen um 19° 20′ 33″,46 in Beziehung auf die Fixsterne rückwärts oder von Ost gen West geht, und dafs diese Bewegung der Knoten nur für den Anfang des gegenwärtigen Jahrhunderts gilt, da man der so bestimmten Länge des Knotens noch die säculare Aenderung $7'',6t^2 + 0'',0065t^3$ hinzufügen mufs, wo t die seit 1800 verflossenen Jahrhunderte bezeichnet. Allein aufser dieser immerwährend fortgehenden oder säcularen Ungleichheit ist die Länge des Monds, wegen der Störung der Sonne, auch noch einer periodisch wiederkehrenden Ungleichheit unterworfen, deren gröfstes Glied $1°,51 \text{ Sin.}^2 (l' - k)$ ist, wo l′ und k die Länge der Sonne und des aufsteigenden Knotens der Mondbahn bezeichnen.

Nicht so verhält es sich mit der *Neigung* der Mondbahn gegen die Ekliptik. Diese hat keine säculare Aenderung, sondern kann für alle Jahrhunderte als constant angesehn werden, obschon die Lage der Ekliptik selbst, wie man weifs, durch die Wirkung der Planeten einer solchen säcularen Aenderung unterworfen ist. Diese Neigung beträgt 5,1464 Grade. Aber einer periodischen Aenderung ist sie allerdings, so wie die Mondknoten, ausgesetzt und das gröfste Glied derselben ist $0°,15 \text{ Cos. } 2 (l' - ☊)$. Die Periode dieser zwei Störungen des Knotens und der Neigung beträgt 349 Tage oder sie ist um 16 Tage kürzer als das Jahr. Ganz ebenso wie diese Neigung, ist auch die Excentricität der Mondbahn, die 0,05484 der halben grofsen Axe der Mondbahn beträgt, als constant zu betrachten.

Allein ganz andere Erscheinungen bietet der *Aequator des Monds* dar, wenn man seine Lage gegen die Mondbahn und gegen die Ekliptik vergleicht. Nach der schönen Entdeckung des Dominicus Cassini wird man die Lage des Mondäquators für jede gegebene Zeit auf folgende Weise bestimmen. Wenn man durch den Mittelpunct O des Monds Fig.
eine Ebene OA senkrecht auf die Rotationsaxe desselben legt, 331.
so stellt diese Ebene den Aequator des Monds vor. Legt man durch denselben Mittelpunct O eine zweite Ebene OE, parallel mit der Ekliptik, und endlich noch eine dritte OB, welche mit der zweiten den Winkel 5° 8′ 47″ bildet, so stellt OB die Bahn des Monds vor. Diese drei Ebenen, von welchen immer die zweite OE zwischen die beiden andern fällt,

haben stets dieselbe gemeinschaftliche Durchschnittslinie, so zwar, dafs der aufsteigende Knoten des Mondäquators O A in der Ekliptik immer mit dem niedersteigenden Knoten der Mondbahn O B in derselben Ekliptik zusammenfällt. Die beiden Ebenen O A und O E bilden endlich unter sich den constanten Winkel 1° 30′ 11″, so dafs daher der Winkel A O B der beiden äussersten Ebenen oder die Schiefe der Ekliptik auf dem Monde 6° 38′ 58″ beträgt, also nur nahe den vierten Theil von der Schiefe der Ekliptik unserer Erde. Daraus folgt zugleich, dafs auch der Durchschnitt O des Mondäquators O A mit der Mondbahn O B dieselbe retrograde Bewegung habe, wie der Knoten der Mondbahn mit der Erdbahn, und dafs beide Durchschnittspuncte in der Zeit von 6793,39108 Tagen volle 360 Grade um die Erde zurücklegen. Während dieser Zeit beschreibt der Pol des Mondäquators und der Pol der Mondbahn kleine, der Ekliptik parallele Kreise um den Pol der Ekliptik und zwar so, dafs diese drei Pole immer auf einem und demselben gröfsten Kreise der Sphäre des Himmels liegen.

Sorgfältige von D. Cassini und T. Mayer angestellte Beobachtungen des Monds zeigten, dafs die Umdrehung des Monds um seine Axe ganz gleichförmig ist, und dieses Resultat wurde erst in den neuesten Zeiten durch die sorgfältigen Beobachtungen des Fleckens Manilius von den Astronomen Bouvard und Nicollet zu Paris in den Jahren 1806 bis 1810 vollkommen bestätigt. Da wir im Allgemeinen immer dieselben Flecken oder immer dieselbe Seite des Mondes und nie die entgegengesetzte Hälfte desselben sehn, so folgt, dafs die Rotation des Monds seiner Revolution gleich ist oder dafs er sich in derselben Zeit um seine Axe dreht, in welcher er sich um die Erde bewegt. Man hat sonderbarer Weise aus dem Grunde, dafs uns der Mond immer dieselbe Seite zeigt, den Schlufs ziehn wollen, dafs er sich nicht um sich selbst drehn könne. Allein die Illusion verschwindet sofort, wenn man sich das Auge des Zuschauers aufser der Mondbahn, z. B. in der Sonne vorstellt, wo dann der Mond während der Zeit seines Umlaufs um die Erde der Sonne nach und nach alle 360 Grade seines Aequators zuwenden wird, zum Beweise, dafs er sich während derselben Zeit auch in der That um sich selbst gedreht haben müsse.

Allein genau genommen sieht man nicht immer ganz die-

selbe Seite des Monds, sondern es kommen an dem einen Rande zuweilen neue Flecken zum Vorschein, während wieder andere an dem entgegengesetzten Rande verschwinden. Die Differenz der Abstände der Flecken von dem Rande des Mondes kann bis $7\frac{1}{2}$ Grad gehn, aus dem Mittelpuncte des Monds gesehn, oder da nach dem Vorhergehenden $\frac{r}{a} = 0{,}0045723$ ist, so kann diese Aenderung, aus dem Mittelpuncte der Erde gesehn, bis auf $7\frac{1}{2}^{o} \times 0{,}0045723 = 2{,}06$ Minuten, d. h. bis auf den 8ten Theil des scheinbaren Halbmessers des Monds, der 15,7 Min. beträgt, gehn. Galilei, der zuerst die Oberfläche des Monds mit dem damals nur erst entdeckten Fernrohre untersuchte, hat diese Veränderungen auch zuerst erkannt und in seinem *Nuncius sidereus*, so wie in seinen *Dialog. de mundi Systemate*, 1635. p. 58. zu erklären gesucht, aber seine Erklärung betrifft nur die zwei kleineren Aenderungen, während sie die dritte und gröſste unberührt läſst, obschon er eben diese dritte durch seine Erklärung darstellen wollte[1]. Auch Hevelius hatte, als er im J. 1643 seine Erklärung dieser Veränderungen aufstellte, noch eine irrige Idee von dieser gröſsten Aenderung und er berichtigte dieselbe erst im J. 1654.

Man bemerkte nämlich zuerst, daſs die Flecken des Monds alle westlich zu gehn scheinen, so lange der Mond selbst von seiner Erdferne zur Erdnähe geht, und umgekehrt daſs sie alle östlicher stehn, wenn der Mond, in der andern Hälfte seiner Bahn, von der Erdnähe zur Erdferne geht. Am deutlichsten sah man dieses an denjenigen Flecken, die in der Nähe des Mondäquators dem Rande dieses Satelliten sehr nahe stehn, wie z. B. das *Mare crisium* an der Westseite oder der Flecken *Grimaldi* an der Ostseite des Monds. Man nannte diese Verrückung, die in einer nahe mit der Ekliptik parallelen Richtung statt hatte, die *Libration der Länge* des Monds. Wenn man nämlich, dem Vorhergehenden gemäſs, annimmt, daſs die Revolution des Monds der Rotation desselben genau gleich ist, wie dieses die Beobachtungen in der That fordern, so sey a ein Flecken des Monds L, der eben den Mittelpunct Fig. der uns sichtbaren Mondscheibe einnimmt. Acht Tage später, 332. wo der Mond L' den vierten Theil seiner Bahn um die Erde

1. S. Lalande Astron. §. 3295.

oder wo er den rechten Winkel L T L′ zurückgelegt hat, wird sich auch jener Flecken um den rechten Winkel a′ L b gedreht haben und der Erde T im Puncte b, das heifst, wieder in der Mitte der sichtbaren Mondscheibe erscheinen, *wenn die Bahn des Monds ein Kreis* oder wenn die Bewegung des Monds um die Erde gleichförmig wäre. Allein dieses ist nicht Fig. 333. der Fall, da der Mond sich in der That in einer Ellipse L L′ L′ bewegt, in deren einem Brennpuncte die Erde T ist. Wenn der Mond in seiner Erdferne in L ist, so sieht man von der Erde den Flecken a, wie zuvor, in der Mitte seiner Scheibe. Nach 8 Tagen oder nach einem Viertelmonat hat sich der Mond, also auch der Flecken, um volle 90 Grade um seine Axe gedreht oder der Flecken a′ ist bis nach a gekommen, während der Mond von L nach L′ gegangen ist. In derselben Zeit ist auch die mittlere *Anomalie* von 0° bis 90° gewachsen oder der mittlere Mond hat um die Erde ebenfalls einen rechten Winkel beschrieben; allein der *wahre* Mond ist noch hinter dem mittlern zurück und zwar um mehr als 6 Grade, da die Gleichung des Mittelpuncts[1] des Monds nahe auf dieselbe Gröfse steigen kann und dieselbe hier in der Nähe ihres gröfsten Werthes ist[2]. Zieht man nämlich die Linie T m senkrecht auf die grofse Axe L L″ der Mondbahn, so ist der mittlere Mond in der Richtung T m, während der wahre Mond L′ in der Richtung T L′ hinter jenem um $m T L' = 6^\circ$ zurück ist. Nennt man überhaupt m die mittlere und ν die wahre Anomalie und ε das Verhältnifs der Excentricität der Bahn gegen die halbe Axe derselben, so hat man, wenn beide Anomalieen von der Erdferne gezählt werden,

$$\nu = m - 2\varepsilon \,\text{Sin.}\, m + \tfrac{5}{4}\varepsilon^2 \,\text{Sin.}\, 2m - \frac{\varepsilon^3}{4}\left(\tfrac{13}{3}\,\text{Sin.}\, 3m - \text{Sin.}\, m\right),$$

woraus man für unsern Fall, d. h. für $m = 90^\circ$ erhält

1 Vergl. Bd. I. S. 293.

2 Um den Ort der elliptischen Bahn eines Planeten oder Satelliten, in welchem die *Gleichung seiner Bahn* am gröfsten ist, genau anzugeben, so seyen a und b die halbe grofse und kleine Axe der Bahn und $r = \sqrt{ab}$. Beschreibt man dann aus dem Brennpuncte der Ellipse, als aus einem Mittelpuncte, mit dem Halbmesser r einen Kreis, so schneidet dieser Kreis die Ellipse in zwei Puncten, welche die Puncte der gröfsten Gleichung des Mittelpuncts sind.

$$\nu = 90^\circ - \frac{2\varepsilon}{\text{Sin. } 1''} + \frac{4\varepsilon^3}{3\,\text{Sin. } 1''},$$

also auch, wenn man $\varepsilon = 0{,}05484$ setzt,

$$\nu = 90^\circ - 6^\circ\, 17' = 83^\circ\, 43',$$

so dafs also der Winkel L T L' nur 83° 43' beträgt, während der Winkel a' L a der Rotation ein rechter Winkel ist. Da nun auch L' a, so wie T m, auf der grofsen Axe L L'' senkrecht sind, so sind die beiden Linien L' a und T m unter sich parallel, also ist auch der Winkel m T L' = a L' b = 6° 17', wo die Gesichtslinie des Beobachters in T, die nach dem Mittelpuncte L' des Monds gezogen wird, die Oberfläche desselben in b trifft, so dafs also jetzt b der mittlere Punct der Mondscheibe ist und dafs der frühere mittlere Punct a derselbe von b um 6° 17' und zwar gegen Westen erscheint, ganz mit dem oben Gesagten übereinstimmend. In der andern Hälfte L'' L''' L der Mondbahn wird der mittlere Punct der Scheibe um ebensoviel östlich liegen. Uebrigens haben wir hier diese Differenz nur 6° 17', statt der oben erwähnten 7° 30', gefunden, weil wir hier nur auf die gröfste Störung der mittlern Länge des Monds, auf die Gleichung der Bahn Rücksicht genommen haben, die aber durch die oben erwähnte Evection und Variation noch um 1° 13' vermehrt werden kann.

Eine ähnliche Erscheinung, wie bei diesen Flecken am östlichen und westlichen Rande, sieht man auch bei jenen am nördlichen und südlichen Rande, wo zuweilen neue Flecken erscheinen oder früher gesehene wieder unsichtbar werden. Da diese Verrückung in einer auf die Ekliptik nahe senkrechten Richtung vor sich geht, so hat man sie die *Libration der Breite* genannt[1]. Um sie auf eine einfache Weise zu erklären, sey $\varepsilon\varepsilon'$ die Ekliptik, B B' die Mondbahn und A A' der Mondäquator, mit welchem die durch den Mittelpunct L und L' des Monds gezogenen Linien a b und a' b' parallel seyn sollen. Die Neigungen dieser Ebenen unter einander sind schon oben bei Gelegenheit der Fig. 331. angegeben worden. Wenn der Mond L' in seiner gröfsten nördlichen Breite ist, so ist der Winkel A' T L', so wie der Winkel m' L' a' gleich 6° 14', und hier erscheint ein im Mondäquator stehender Flecken a', Fig. 334.

1 S. Art. *Breite*. Bd. I. S. 1204.

von dem Mittelpuncte T der Erde gesehn, über dem Mittelpuncte m′ der sichtbaren Mondscheibe um den Winkel $TL'a' = 6° 14'$ erhoben. Allein nach einem halben Monate oder 14 Tage später, wo der Mond L am tiefsten unter der Ekliptik steht, wird derselbe Aequatorialflecken a um 6° 14′ unter dem Mittelpuncte m der Mondscheibe erscheinen. Am deutlichsten wird man diese Schwankung bei denjenigen Flecken bemerken, die den beiden Polen des Mondäquators zunächst stehn, wie bei Maginus, Plato, Endymion u. s. w. Je gröfser die nördliche Breite des Monds ist, desto mehr wird auch von dem nördlichen Rande des Monds verschwinden und desto mehr von dem südlichen Rande desselben sichtbar werden, und umgekehrt, wenn die südliche Breite des Mondes wächst.

Endlich wird auch, da die Erde so vielmal gröfser ist, als der Mond, und ihm beträchtlich nahe steht, die Ansicht des Monds, je nach dem Orte, den der Beobachter auf der Oberfläche der Erde einnimmt, verschieden seyn. Ist z. B. Fig. 335. der Beobachter in M, so dafs der Mittelpunct L des Mondes im Horizonte ML des Beobachters oder in der Tangente LM der Erde für den Punct M liegt, so wird der Beobachter in M diejenige Hälfte CAD des Mondes sehn, welche durch die auf seine Gesichtslinie ML senkrechte Ebene CD begrenzt ist, während ein Beobachter T im Mittelpuncte der Erde oder auch, was dasselbe ist, ein Beobachter in N, welcher den Mond in seinem Zenithe hat, diejenige Hälfte ADB des Mondes sehn wird, welche durch die auf TL senkrechte Ebene AB begrenzt wird. Daraus folgt, dafs derselbe Beobachter M, wenn für ihn der Mond eben auf- oder untergeht, mehr von seinem obern und weniger von seinem untern Rande sehn wird, als zu der Zeit, wo sechs Stunden früher oder später der Mond im Zenith des Beobachters steht. Da der Winkel ALC gleich dem Winkel MLT und da der letzte Winkel nach dem Vorhergehenden die Horizontalparallaxe des Monds ist, die 0° 57′ 34″ beträgt, so wird also auch diese Schwankung der Mondflecken, die man die *Libration der Parallaxe* nennt, denselben Werth haben.

Alle diese drei Veränderungen sind aber, wie man sieht, nur scheinbar und die Rotation des Mondes selbst wird durch sie nicht afficirt. Wenn aber der Mond, den Beobachtungen

gemäſs, uns in der That immer dieselbe Seite zeigt, so muſs er auch mehrern Librationen unterworfen oder seine Rotation muſs selbst veränderlich seyn. Wir haben nämlich bereits oben gesehn, daſs die mittlere Bewegung des Monds seit den ersten Zeiten, von welchen uns noch Beobachtungen dieses Gestirns übrig sind, beständig im Zunehmen begriffen ist. Wenn also die Rotation der Revolution, wie diese letzte zu irgend einer Zeit statt hatte, immer gleich bliebe, so müſsten diese beiden Bewegungen, vor und nach dieser Epoche, immer mehr und mehr von einander abweichen und uns endlich auch die von uns abgewendete Seite des Monds zu Gesichte bringen, was aber gegen die Erfahrung ist. Auch zeigt die mathematische Theorie der Mondbewegung, daſs die Rotation dieses Satelliten ganz denselben säcularen Ungleichheiten unterworfen ist, wie die mittlere Bewegung, obschon sie an den periodischen Ungleichheiten der letzten Bewegung keinen Theil nimmt, woraus folgt, daſs in der Folge der Zeiten beide Bewegungen des Monds, die fortschreitende und die rotirende, in demselben Maſse und in denselben Perioden ab- und zunehmen und daſs uns daher die jetzt von der Erde abgewendete Seite des Monds auch für immer verborgen bleiben wird. Wahrscheinlich wurde in dem noch jugendlichen Alter des Monds, wo seine noch wenig erhärtete Masse jeder äuſsern Einwirkung leichter nachgab, der der Erde zugekehrte Halbmesser desselben durch die vorherrschende Attraction, welche unsere Erde auf diesen ihr nächsten Punct des Monds ausübte, verlängert und sonach auch dem Aequator dieses Satelliten eine elliptische Gestalt gegeben, dessen groſse Axe gegen die Erde gerichtet war und wegen der stets fortwirkenden Anziehung der Erde fortan auch so gerichtet bleiben muſste. Es ist allerdings sehr unwahrscheinlich, daſs sogleich bei der Entstehung des Mondes die Rotation der Revolution desselben vollkommen gleich gewesen sey, allein, wenn diese beiden Bewegungen auch nur nicht eben zu sehr von einander verschieden waren, so muſste das Mondsphäroid um jenen gröſsern Durchmesser des Aequators in Oscillationen übergehn und um diesen Durchmesser, gleich einem Pendel um die Verticallinie, stets kleinere Schwingungen machen, bis endlich durch die stets fortwirkende Anziehung der Erde beide Bewegungen einander ganz gleich gemacht wurden und das Pendel gleich-

sam um seine mittlere Lage zur Ruhe gekommen war. Demnach muſste dieser Satellit die Gestalt eines Ellipsoids erhalten, das nicht bloſs, wie die der übrigen Planeten, an seinen beiden Polen abgeplattet war, sondern dessen Parallelkreise auch alle dem Aequator desselben ähnliche Ellipsen seyn muſsten. Schon Newton hatte aus seinen ersten Berechnungen gefunden, daſs der gegen die Erde gewendete Durchmesser des Mondes 186 Par. Fuſs oder $\frac{1}{100}$ Meile gröſser sey, als der auf unserer Gesichtslinie senkrecht stehende Durchmesser desselben. Nach den genauern Bestimmungen von Laplace hat man, wenn man die groſse Axe des Aequators des Monds gleich der Einheit annimmt, für die kleine Axe des Aequators 0,99997 und für die Rotations- oder Polaraxe des Monds 0,99891.

Die Gröſse dieser wahren Libration des Monds wird übrigens von der Gröſse der Differenz abhängen, um welche, bei der Entstehung dieses Himmelskörpers, die Rotation desselben von der Revolution verschieden war, und auſserdem von der Zeit, die seit jener Epoche verflossen ist. Da die Beobachtungen die Existenz dieser Libration bisher noch nicht nachgewiesen haben, so muſs sie ohne Zweifel sehr gering seyn, aber ihre Existenz ist dennoch durch die Theorie über allen Zweifel erhaben.

Auch die oben erwähnte, von D. Cassini entdeckte Coincidenz der Knoten des Mondäquators mit denen seiner Bahn in der Ekliptik ist eine Folge der bloſsen Attraction der Erde, wie zuerst Lagrange in einem seiner schönsten Memoiren gezeigt hat. Die Ebene des Mondäquators und die Ebene der Mondbahn, die beide durch den Mittelpunct des Monds gehn, so wie endlich eine durch denselben Mittelpunct mit der Ekliptik parallele Ebene müssen, in Folge jener Anziehung der Erde, immer sehr nahe denselben gemeinschaftlichen Durchschnittspunct haben, und die Theorie zeigt, daſs die säcularen Bewegungen der Ekliptik, die von der Anziehung der Planeten auf die Erde herrühren, weder diese Coincidenz der Knoten dieser drei Ebenen, noch auch die mittleren Neigungen derselben ändern können, da beide vielmehr, durch die Attraction der Erde, immer wieder auf ihren mittlern Werth zurückgeführt werden, obschon sie sich stets von demselben zu entfernen suchen.

Bemerken wir noch zum Schlusse dieses Gegenstandes, dafs die Astronomen des Mittelalters den Ausdruck *Libration* oder *Trepidation*, wie sie es auch zuweilen genannt haben, in einem ganz andern Sinne gebrauchten. Sie bezeichneten nämlich dadurch ein von ihnen imaginirtes Schwanken der 8ten, 9ten und 10ten Sphäre des Himmels, durch welches sie die Phänomene der Präcession und der Abnahme der Schiefe der Ekliptik zu erklären suchten. Thebit Ibn Chora, ein arabischer Astronom des neunten Jahrhunderts, ist der Erfinder dieser Hypothese, in welcher er den wahren Frühlings- und Herbstpunct in der Peripherie eines Kreises einhergehn liefs, dessen Mittelpunct die mittleren Nachtgleichen bezeichneten und dessen Halbmesser 2° 9′ betrug. Erst Reinhold und Regiomontan (im 15. Jahrhunderte) zeigten die Unstatthaftigkeit dieser Hypothese. Uebrigens zeichnete sich dieser Thebit durch mehrere für sein Zeitalter wichtige Ideen und Entdeckungen aus, wie er denn unter andern der Erste war, der das siderische Jahr der Sonne von dem tropischen genau unterschied, das erste für die wahre Umlaufszeit der Sonne erkannte und die Dauer des siderischen Sonnenjahrs auf 365,25639 Tage festsetzte, beinahe ganz im Einklange mit den neuesten Bestimmungen der Astronomen.

K. Verschiedene Lichterscheinungen des Mondes.

Das Vorzüglichste über diesen Gegenstand ist bereits früher[1] mitgetheilt worden. Wir wollen daher hier nur noch einige dort übersehene Bemerkungen in der Kürze nachholen. Nennt man L die Länge der Sonne, λ, β die geocentrische Länge und Breite des Monds und endlich D den Winkel, welchen die Mittelpuncte dieser beiden Gestirne für das Auge des Beobachters oder für den Mittelpunct der Erde bilden, so hat man die einfache Gleichung

$$\text{Cos.}\,D = \text{Cos.}\,(\lambda - L)\ \text{Cos.}\,\beta.$$

Die kreisförmige Grenze des uns sichtbaren, beleuchteten Theils des Mondes erscheint uns, wie alle gegen das Auge schief stehenden Kreise, als eine Ellipse. Nennt man a und b die

1 S. Art. *Phasen*. Bd. VII. S. 466.

halbe grofse und kleine Axe dieser Ellipse, so ist a zugleich der Halbmesser des Monds selbst und man erhält für jede Stellung des Monds gegen die Sonne die kleine Axe b jener Lichtellipse oder jene Phase

$$b = a \,\text{Cos.}\, D \text{ oder } b = a \,\text{Cos.}\, (\lambda - L) \,\text{Cos.}\, \beta,$$

so dafs daher auch die gröfste Breite[1] gleich ist

$$BG \text{ oder } a - b = a [1 - \text{Cos.} (\lambda - L) \,\text{Cos.}\, \beta].$$

Vernachlässigt man, was zu einer ersten Bestimmung hinreicht, die Breite des Monds, so hat man für den Neumond $\lambda - L = 0$ und $a - b = 0$, für den Vollmond $\lambda - L = 180$ und $a - b = 2a$ und endlich für die Viertel $\lambda - L = \pm 90°$ und $a - b = a$ oder $b = 0$, so dafs daher für die beiden Viertel jene Ellipse in eine gerade Linie übergeht.

Diese Beobachtung der Viertel des Monds giebt ein einfaches Mittel, die Distanz der Sonne von der Erde zu finden, ein Mittel, das schon Aristarch von Samos 250 Jahre vor Chr. Geb. erfunden und, wie es scheint, auch angewendet hat. Aristarch hatte wahrscheinlich eingesehn, dafs der Halbmesser der Erde zu klein ist, um ihn als Basis zur Bestimmung der Sonnenparallaxe zu benutzen, und er unternahm es daher, den Winkel zu suchen, unter welchem der Halbmesser der Mondbahn, von der Sonne gesehn, erscheinen mufs. Da er die Parallaxe des Monds, seiner viel geringern Entfernung von der Erde wegen, mit grofser Genauigkeit zu erhalten hoffte, so meinte er auf diesem Wege auch die Parallaxe der Sonne der Wahrheit sehr nahe zu bekommen. Dem Kepler erschien diese Methode so schön, dafs er in seinen Ephemeriden f. d. J. 1619 die Astronomen, besonders Galilei und Marius, die bereits mit Fernröhren versehn waren, aufforderte, diese Methode auszuführen.

Wenn der Mond im Augenblicke seiner Quadratur genau
Fig. zur Hälfte erleuchtet ist, so ist in dem Dreiecke STL zwi-
336. schen der Sonne S, der Erde T und dem Monde L der Winkel TLS am Monde gleich einem rechten Winkel. Ist also $TL = r$ und $ST = R$, so hat man, wenn Δ den Winkel LTS oder die Elongation des Monds von der Sonne bezeichnet,

---

1 Die Gröfse BG in der 60sten Fig. des VIIten Bandes.

$$\mathrm{Cos}\,\Delta = \frac{r}{R}.$$

Ist aber ω die Horizontalparallaxe des Monds und π die der Sonne, so ist $\frac{r}{R} = \frac{\mathrm{Sin.}\,\pi}{\mathrm{Sin.}\,\omega}$, also auch

$$\mathrm{Sin.}\,\pi = \mathrm{Sin.}\,\omega \,.\, \mathrm{Cos.}\,\Delta.$$

Kennt man daher die Elongation Δ zu der Zeit der Quadratur durch unmittelbare Beobachtung des Monds und der Sonne und ist, aus andern Beobachtungen, bereits ω bekannt, so findet man durch die letzte Gleichung die Sonnenparallaxe π.

Um zu sehn, mit welcher Sicherheit man auf diese Weise den Werth von π finden kann, hat man, wenn man das Differential des vorhergehenden Ausdrucks nimmt,

$$\frac{d\pi}{\mathrm{Tang.}\,\pi} = -\, d\Delta \,.\, \mathrm{Tang.}\,\Delta + d\omega \,.\, \mathrm{Cotg.}\,\omega.$$

Da nun $\omega = 0^\circ\, 57'\, 34''$ für die mittlere Distanz des Mondes von der Erde und da der Winkel TSL nahe $0^\circ\, 8'$ ist, so ist $\Delta = 89^\circ\, 52'$ und daher

$$\frac{d\pi}{\pi} = -\,0{,}0021\, d\Delta + 0{,}0003\, d\omega \text{ oder}$$

$$d\pi = -\,0{,}018\, d\Delta + 0{,}002\, d\omega.$$

Man sieht daraus, dafs der Fehler $d\Delta$ der Beobachtung der Elongation und noch mehr der Fehler $d\omega$ der vorausgesetzten Parallaxe des Monds in dem Resultate für π allerdings sehr verkleinert werden. Wenn man daher auch den Fehler $d\omega$ in den neuern Beobachtungen zu 5 Secunden annehmen wollte, und er ist gewifs nicht so grofs, so würde daraus nur ein Fehler $d\pi = 0'',01$ in der Sonnenparallaxe folgen. Allein dafür ist die Gröfse Δ desto schwerer zu bestimmen, weil man den Augenblick nicht anzugeben vermag, für welchen der Mond genau zur Hälfte erleuchtet ist, also in seiner Quadratur steht. Ein Fehler von 5 bis 6 Minuten in Δ ist dabei gewifs nicht zu vermeiden. Nimmt man aber $d\Delta = 300''$, so giebt die zweite unserer Differentialgleichungen $d\pi = 5'',4$ und die erste $\frac{d\pi}{\pi} = 0{,}63$, so dafs also, da π nahe $8'',5$ ist, die Bestimmung dieser Gröfse schon um ihren 0,63ten Theil fehlerhaft wird. Nimmt man $d\Delta$ gleich zehn Minuten, so wird

$d\pi = \pm 10'',8$, also π selbst entweder $= 19'',3$, mehr als doppelt zu grofs, oder $= - 2'',3$, also sogar eine negative Parallaxe, die keinen Sinn mehr hat. Diese Methode ist also eine von den vielen, die theoretisch recht schön und sinnreich, praktisch aber ganz unbrauchbar sind.

Ein nicht viel anwendbareres, obschon ebenfalls sehr scharfsinniges Mittel, die Sonnenparallaxe zu bestimmen, hat Ptolemäus in seinem Almagest vorgeschlagen. Nennt man nämlich T die Zeit, die der Mond braucht, bei einer centralen Mondfinsternifs den Halbmesser des kreisförmigen Schattenschnitts der Erde zu durchlaufen, und ist r der scheinbare Halbmesser der Sonne, so wie m die stündliche relative Bewegung des Monds in seiner Bahn, so findet man aus einigen einfachen Betrachtungen leicht die Gleichung

$$\pi = mT + r - \omega,$$

woaus sich daher die Gröfse π bestimmen läfst, wenn die übrigen Gröfsen m, T, r und ω genau bekannt sind. Allein nie wird man die Gröfse T auch nur mit einiger Schärfe bestimmen können, da der Halbschatten der Erde den eigentlichen Anfang oder das Ende der Finsternifs oft auf mehrere Zeitminuten ungewifs macht, daher auch dieses Verfahren als unanwendbar verworfen werden mufs.

Uebrigens bescheint die Sonne, wegen ihrer Gröfse, beträchtlich mehr als die Hälfte des Monds oder auch der Erde. Nennt man a den Halbmesser der Sonne als des leuchtenden Körpers und b den Halbmesser des beleuchteten, so wie c die Distanz der Mittelpuncte beider Körper, so findet man den Winkel α, um welchen der beleuchtete Körper mehr als zur Hälfte beschienen wird, durch die Gleichung

$$\text{Sin.}\,\alpha = \frac{a - b}{c}.$$

Für die Sonne ist $a = 93900$ geogr. Meilen und für den Mond $b = 233$, ihre mittlere Entfernung aber ist $c = 20\frac{1}{2}$ Mill Meilen, so dafs man daher $\alpha = 0^\circ\ 15'\ 36''$ hat, und nahe ebensoviel erhält man auch für die Erde, für Uranus aber ist $a = 93900$, $b = 3740$ und $c = 400$ Mill. Meilen, also auch $\alpha = 0\ 0'\ 46''$.

Ebenso übersehn wir aus dem Mittelpuncte der Erde nicht ganz die Hälfte des Monds oder der Sonne. Nennt man a den Halbmesser der Sonne und c die Entfernung ihres Mittel-

puncts von dem der Erde, so ist der scheinbare Halbmesser α der Sonne, wie wir ihn aus dem Mittelpuncte der Erde sehn, gleich $\text{Sin.}\,\alpha = \frac{a}{c}$. Wenn wir aber den auf unsere Gesichtslinie oder auf die Linie c senkrechten Halbmesser der Sonne sehn könnten, so würde er uns unter einem etwas kleinern Winkel α' erscheinen, so dafs $\text{Tang.}\,\alpha' = \frac{a}{c}$ ist. Man hat demnach

$$\text{Tang.}\,\alpha' = \text{Sin.}\,\alpha,$$

also auch

$$\text{Tang.}\,(\alpha - \alpha') = \frac{2\,\text{Sin.}\,\alpha\,\text{Sin.}^2\,\frac{1}{2}\alpha}{1 + 2\,\text{Cos.}\,\alpha\,\text{Sin.}^2\,\frac{1}{2}\alpha}$$

oder, wenn man die vierten und höhern Potenzen von $\text{Sin.}\,\frac{\alpha}{2}$ vernachlässigt,

$$\alpha - \alpha' = \tfrac{1}{2}\,\alpha\,.\,\text{Sin.}^2\,\alpha\,.$$

Für die Sonne, so wie für den Mond, hat man nahe $\alpha = 0^\circ 15' = 900''$, also ist auch $\alpha - \alpha' = 0'',0086$ und daher in allen Fällen ganz unbeträchtlich.

Diese verschiedenen, in regelmäfsigen und leicht zu übersehenden Perioden nach einander folgenden Phasen des Mondes haben ohne Zweifel schon in den ältesten Zeiten als Grundlage der Chronologie der Völker gedient, indem sie danach ihre Monate zählten, die den Umläufen des Monds um die Erde gleich genommen wurden, wobei man bald bemerkte, dafs zwölf solche Monate nahe einen Umlauf der Sonne um die Erde einschliefsen, durch welchen letzten Umlauf die Länge des Jahres gegeben wurde. Selbst der Monat, von ungefähr 28 Tagen, war durch den Voll- und Neumond, so wie durch die beiden Quadraturen sehr auffallend in vier gleiche Theile getheilt, woraus die *Woche* von sieben Tagen entstand, eine Periode, die man in den ältesten Zeiten schon angewandt findet und die sich aller Verwirrungen der Chronologie ungeachtet durch so viele Jahrhunderte bis auf unsere Tage erhalten hat.

Dieselben Lichterscheinungen des Mondes führten wohl sehr früh schon die Menschen auf die Idee, dafs der Mond nur der Beleuchtung der Erde wegen da sey. Die bekannte

Unart unseres Geschlechts, alles nur auf sich selbst zu beziehn und die ganze Natur als zum Dienste des Menschen geschaffen anzusehn, mufste sie in dieser Meinung sehr bestärken. Allein mit etwas mehr Nachdenken und etwas weniger Unbescheidenheit würden wir uns sehr bald von dem Irrthume dieser Ansicht überzeugt haben. In der That sind wir einen sehr grofsen Theil unseres Monates sowohl des Lichts der Sonne, als auch selbst jenes des Mondes beraubt und müssen uns daher ohne beide zu behelfen suchen. Hätte der Urheber der Natur die Absicht gehabt, durch den Mond unsere Nächte zu erhellen, so würde er den Mond im Augenblicke seiner Entstehung in der Ebene der Ekliptik in Opposition mit der Sonne und zwar in eine solche Entfernung von der Erde gestellt haben, die dem hundertsten Theile der Entfernung der Erde von der Sonne gleich gewesen wäre. Hätte er dann dem Monde und der Erde solche, unter sich parallele Geschwindigkeiten gegeben, die sich wie die Entfernungen dieser beiden Gestirne von der Sonne verhalten, so würde, bei dieser Einrichtung, der Mond immer in Opposition mit der Sonne oder immer Vollmond geblieben seyn und die von ihm um die Erde zurückgelegte Ellipse würde der von der Erde um die Sonne beschriebenen ähnlich gewesen seyn, also würde auch der Mond stets beim Untergange der Sonne aufgegangen seyn oder die ganze Nacht hindurch geschienen haben, ja selbst durch die Finsternisse würde uns sein Licht nicht mehr entzogen worden seyn, da er in dieser Entfernung von dem Schatten der Erde nicht mehr erreicht werden könnte. Da von dem allen nichts geschehn ist, so müssen wir wohl den Schlufs daraus ziehn, dafs der Urheber der Natur eine andere Bestimmung mit dem Monde gehabt haben wird und dafs er ihn nicht als Fackelträger der Erde an den Himmel gestellt hat.

L. Wie die Erde dem Monde erscheint.

Wenn man das, was im VII. Bande dieses Werkes bei dem Art. *Phasen* über die Fig. 58. gesagt worden ist, näher betrachtet, so sieht man sofort, dafs die Bewohner des Mondes, wenn es deren giebt, an unserer Erde ganz ähnliche Lichtveränderungen bemerken müssen, wie wir an dem Monde.

Jene müssen sogar für den Mond noch viel auffallender erscheinen, da die Oberfläche der Erde fast dreizehnmal gröfser ist, als die des Mondes. Wenn wir Neumond haben, also den Mond gar nicht sehn, weil er uns nur seine dunkle Seite zuwendet, so sehn dafür die Bewohner der uns stets zugekehrten Seite des Monds die Erde als eine ganz runde und vollbeleuchtete Scheibe, oder sie haben, wenn man so sagen darf, *Vollerde*, während wir *Neumond* haben. Zwei Wochen später, wo der Mond, zur Zeit des Vollmonds, der Sonne gerade gegenüber steht, sehn wir die ganze von der Sonne beleuchtete Hälfte des Monds, während im Gegentheil der Mond von der Erde nur die von der Sonne abgewendete oder dunkle Hälfte sieht und daher *Neuerde* hat, während wir *Vollmond* haben. Ebenso sehn die Seleniten die Erde im ersten Viertel, wenn wir den Mond im letzten Viertel sehn, und umgekehrt. Wenn diese Bewohner des Monds den unseren ähnliche Augen haben, so werden sie nicht nur diese Lichtphasen der Erde, sondern auch noch verschiedene gröfsere und kleinere Flecken, unsere Meere, unsere Inseln, vielleicht selbst unsere Städte sehn. Sie werden, wenn es z. B. in Tobolsk oder in Bombay eben Mittag und zugleich Neumond ist, unsere alten drei Welttheile, Europa, Asien und Africa, als eine zusammenhängende, hellere Masse erblicken, die auf allen Seiten von einem dunklen, breiten Saume, dem Meere, umgeben ist. Allein nach zwölf unserer Stunden werden sie das ganze Schauspiel geändert erblicken, denn nun wird die alte Welt für sie verschwunden und dafür ganz America mit den vielen Inseln des Südmeeres an ihre Stelle gekommen seyn. Auf diese Weise mögen die Mondbewohner, und zwar nicht blofs die Gelehrten unter ihnen, schon vor Jahrtausenden auf den ersten Blick alle die Fragen entschieden haben, worüber sich unsere Geographen und Astronomen so lange gestritten haben, ob die Erde an ihren Polen abgeplattet, ob eine nordöstliche Durchfahrt von England nach Ostindien möglich ist, ob am Südpole der Erde noch ein grofses Land existirt u. s. w. Ebenso haben sie America lange vor COLUMBUS und Australien lange vor COOK gesehn und sie besitzen vielleicht von unsrer Erde, im Grofsen wenigstens, viel genauere Karten, als alle unsere topographischen Bureaus zusammengenommen, die wahrscheinlich in keine geringe Verlegenheit kommen würden,

wenn sie uns die wahrhaft getreuen Karten von dem Innern Africa's oder Neuhollands vorzeigen sollten.

M. Aschfarbiges Licht des Mondes.

Kurz vor und nach dem Neumonde, zu der Zeit, wo der Mond uns nur als eine feine Sichel erscheint, bemerkt man auch den übrigen Theil des nicht beleuchteten Monds in einem schwachen Dämmerlichte schimmern, das aber immer schwächer wird, je näher der Mond seinen Quadraturen kommt. Man nannte diese Erscheinung das aschgraue Licht des Monds (*lumière cendrée*) und man hat sich in frühern Zeiten lange bemüht, die wahre Ursache desselben zu entdecken. Endlich gab Möstlin, der Lehrer des grofsen Kepler, uns die wahre Erklärung desselben. Wir haben so eben gesehn, dafs, wenn der Mond im Neulichte ist, wenn er uns also seine dunkle Hälfte zuwendet, dann die Erde ihre ganze, von der Sonne beleuchtete Scheibe dem Monde zuwendet. Da nun die Oberfläche der Erde fast dreizehnmal gröfser ist, als die des Monds, so wirft diese grofse und durchaus beleuchtete Scheibe der Erde eine sehr bedeutende Masse Licht auf die dunkle Seite des Monds, wodurch daher die Nächte des Monds, zu dieser Zeit, noch viel mehr erhellet werden mögen, als dieses für unsere Nächte zur Zeit des Vollmonds der Fall ist. Allein dieses von der Erde, als von einem Spiegel, auf den Mond reflectirte Sonnenlicht wird von dem Monde, als von einem zweiten Spiegel, abermals zurückgeworfen und macht uns daher die sonst dunkle Seite des Monds wieder sichtbar. Dieses den Mond beleuchtende Licht ist also unser eigenes oder vielmehr unser von der Sonne geborgtes Licht, das wir ihm auf einige Augenblicke zusenden, um es sofort wieder von ihm zurück zu erhalten. Nach dieser Erklärung sollten wir die dunkle Seite des Monds eigentlich im Augenblicke des Neumonds selbst am besten sehn; allein dieses ist nicht der Fall, weil dann der Mond viel zu nahe bei der Sonne steht und wir das schwache Licht des Mondes vor dem zu starken der Sonne nicht mehr sehn können. So kommt es, dafs wir etwa drei Tage vor oder nach dem Neumonde dieses Licht am deutlichsten erblicken, weil dann die Winkeldistanz des Monds von der Sonne für diese Erscheinung

eben die günstigste ist. Bemerkenswerth ist dabei noch der Umstand, daſs uns zu dieser Zeit des aschgrauen Lichts der helle Theil des Mondes oder die von der Sonne beleuchtete Sichel immer von einer viel gröſseren Kugel genommen zu seyn scheint, als der dunkle in seinem schwachen Lichte dämmernde Theil. Dieses kommt aber offenbar daher, daſs ein stärkeres Licht, in der Nähe eines schwächern aufgestellt, das letztere noch mehr zu schwächen und gleichsam zu tödten scheint, wie die Maler von den hellen Farben zu sagen pflegen, wenn sie in einem Gemälde neben dunklen Farben angebracht werden. Der lichte Theil des Monds scheint uns gröſser, weil er auf unser Sehorgan einen viel stärkern Eindruck macht, wozu noch die Irradiation der Lichtstrahlen in unserm Auge und die Wirkung der Atmosphäre selbst kommen mag, durch welche das lichtere Bild zugleich vergröſsert und jene Illusion noch mehr befördert wird.

N. Erscheinung des Himmels vom Monde aus gesehen.

Wie wir so eben die Erscheinungen der Erde für den Mond in Beziehung auf die Lichtphasen derselben betrachtet haben, so können wir auch die Erscheinungen des ganzen Himmels, wie er den Mondbewohnern erscheinen mag, durch bloſse Schlüsse erfahren, da wir die Verhältnisse bereits kennen, unter welchen die Mondbewohner in Beziehung auf ihre Rotation und Revolution und auf die Lagen ihrer Ekliptik und ihres Aequators stehn. Wenn man dem gewöhnlichen Sprachgebrauche gemäſs durch das Wort Tag die Zeit zwischen zwei nächsten Aufgängen der Sonne bezeichnet, so sind die Tage des Monds $29\frac{1}{2}$mal länger als unsere Tage, der Mondtag ist nämlich dem synodischen Monate, also nach dem Vorhergehenden der Zeit von 29,53058 unserer Tage gleich. Die Seleniten sehn also die Sonne $14\frac{3}{4}$ unserer Tage über und ebenso lange unter ihrem Horizonte. Zur Zeit des Neumonds haben die Bewohner der Mitte der uns sichtbaren Mondhälfte eben Mitternacht, beim Vollmonde aber Mittag, während den Bewohnern des östlichen und westlichen Randes die Sonne eben auf- oder untergeht. Auf diese Weise schreitet der Auf- und Untergang der Sonne auf der Mondoberfläche während jedes unserer Tage um $12^\circ\ 12'$ fort und die Sonne so-

wohl, als auch der ganze gestirnte Himmel rückt, durch seine tägliche Bewegung, während jedes unserer Tage nur um denselben kleinen Bogen von 12° 12′ von Ost gen West, während der Himmel in derselben Zeit für uns sich um volle 360 Grade um die Erde zu drehn scheint. Allein bei dieser sehr langsamen Umdrehung der Himmelskörper giebt es einen, der daran gar keinen Theil nimmt und in absoluter Ruhe zu stehn scheint. Dieser Himmelskörper ist, scheinbar wenigstens, viel grösser als alle übrigen, selbst die Sonne nicht ausgenommen, und ist kein anderer, als unsere Erde. Da nämlich, wie wir gesehn haben, der Mond immer dieselbe Seite der Erde zuwendet oder da derjenige Punct seiner Oberfläche, welcher der Erde am nächsten steht, ihr auch immer am nächsten bleibt, so werden offenbar die Bewohner dieses Punctes die Erde stets in ihrem Zenithe sehn, und alle diejenigen, welche in der Peripherie eines Kreises wohnen, dessen Mittelpunct jener der Erde nächste Punct ist und dessen Halbmesser 10, 20, 30.. Grade von der Oberfläche des Mondes einnimmt, werden auch die Erde immer um 10, 20, 30.. Grade von ihrem Zenithe unverrückt am Himmel stehn sehn. Die Bewohner des Rands der uns zugekehrten Seite des Monds sehn die Erde immerwährend in ihrem Horizonte und alle andere sehn sie immer in derselben und zwar in einer desto grössern Höhe, je weiter sie selbst von jenem Rande entfernt sind. Sonne, Planeten und alle Gestirne des Himmels gehn für den Mond alle 14½ unserer Tage einmal auf und einmal unter, aber für das grösste aller vom Monde aus sichtbaren Gestirne, für die Erde selbst, giebt es weder Auf- noch Untergang. Sie steht fest am Himmel, während sich hinter ihr alle andere Gestirne, selbst die Sonne, in 29½ unserer Tage von Ost gen West bewegen.

Doch hat diese Erscheinung nur für diejenigen Bewohner des Mondes statt, welche die uns zugewendete Seite desselben einnehmen, die andern sehn die Erde gar nicht und wissen vielleicht auch nichts von ihrer Existenz, wenn sie nicht von ihren Nachbarn davon Nachricht erhalten.

Wenn es so, wie wir so eben gesehn haben, mit den *Tageszeiten* des Mondes beschaffen ist, so haben auch die *Jahreszeiten* desselben manches Eigenthümliche, das wir Erdbewohner aus eigener Erfahrung nicht kennen. Unsere Jahres-

zeiten hängen bekanntlich von der Schiefe der Ekliptik ab, die für die Erde 23° 28′ beträgt. Je kleiner dieser Winkel ist, desto weniger ist der Winter vom Sommer verschieden, und wenn endlich beide Ebenen, die Bahn und der Aequator eines Planeten, ganz zusammenfallen, so giebt es auf ihm gar keine Jahreszeiten mehr.

Dieses ist nun nahe der Fall mit dem Monde. Seine Bahn ist gegen seinen Aequator, wie wir oben gesehn, nur um den kleinen Winkel von 6° 39′ geneigt und zwischen beiden liegt die Ebene der Erdbahn in der Mitte. Da ferner die Durchschnittslinie der Mondbahn mit der Ekliptik sehr veränderlich ist und in 19 Jahren ihren ganzen Umkreis um die Erde vollendet, so wird dieselbe Hälfte der Mondbahn 9½ Jahre über und ebenso lange unter der Ekliptik liegen, und man wird daher, der Wahrheit gemäfser, sagen können, dafs die Mondbahn mit der Erdbahn ganz zusammen falle und daher mit dem Mondäquator nur den Winkel von 5° 9′ bilde. Bei dieser sehr geringen Schiefe wird sich also auch die Sonne nie über 5° 9′ nördlich oder südlich vom Mondäquator entfernen oder die Bewohner dieses Aequators werden die Sonne ihr ganzes Jahr hindurch immer sehr nahe zur Mittagszeit in ihrem Zenithe sehn, und ebenso wird jede andere Gegend aufser dem Aequator die Sonne, im Sommer wie im Winter, stets in derselben mittägigen Höhe über sich erblicken. Die Polbewohner z. B. werden sie stets nur in ihren Horizonten sehn, also einen ewigen Winter haben, während die am Aequator einen immerdauernden Sommer geniefsen. Auf unserer Erde geht für eine Breite über 66½ Grad die Sonne schon mehrere Tage im Jahre nicht auf oder nicht unter, während dieses auf dem Monde erst bei einer Breite über 88½ Grad der Fall ist. Die Seleniten haben also keine eigentlichen Jahreszeiten mehr, ihre Tage sind das ganze Jahr von nahe gleicher Länge und die Länge ihres Jahres endlich ist der ihres Tages gleich, wenn man unter Tag die Zeit von einem Aufgange der Sonne bis zum nächsten versteht.

Wenn man aus der oben angegebenen Lage der Mondbahn gegen die Ekliptik die Neigung der Mondbahn N gegen den irdischen Aequator durch Rechnung sucht, so findet man, wenn k die Länge des aufsteigenden Knotens der Mondbahn mit der Ekliptik bezeichnet,

für $k = 0°$ ..... $N = 28° 37'$
$90°$ ..... $24\ 0$
$180°$ ..... $18\ 19$
$270°$ ..... $24\ 0$

so dafs also im ersten Falle N gleich der Summe der Schiefe der Ekliptik 23° 28′ und der Neigung 5° 9′ der Mondbahn gegen die Ekliptik, im dritten Falle aber gleich der Differenz dieser beiden Gröfsen ist. Schon daraus läfst sich also der grofse Unterschied der Declinationen des Monds zu verschiedenen Zeiten zum Theil erklären. Allein es giebt noch einen andern sehr auffallenden Unterschied in der Höhe des Mondes, der mit einiger Aufmerksamkeit von Jedermann beobachtet werden kann und der eine ganz andere Ursache hat. Man bemerkt nämlich, dafs im Sommer, z. B. in den Monaten Junius und Julius, der Vollmond immer nur eine sehr kleine mittägige Höhe hat, kleiner selbst, als die Sonne im Winter, dagegen er zur Zeit des Neumonds sich wieder sehr hoch, höher als die Sonne im Sommer, über unsern Horizont erhebt. Umgekehrt ist es im Winter, wo der Mond zur Zeit seines Vollmonds eine sehr grofse und an den Tagen seines Neumonds wieder nur eine sehr kleine mittägige Höhe erreicht. Der Grund davon ist im Folgenden zu suchen. Die Sonne steht, wie allgemein bekannt, im Winter um Mittag sehr niedrig und im Sommer sehr hoch. Für Wien sind diese beiden Höhen 65 und 18, also ihre Differenz 47 Grade. Noch gröfser und kleiner werden diese beiden ersten Zahlen für solche Orte, die näher bei den Polen liegen, obschon ihre Differenz für alle Orte der Erde immer dieselbe, nämlich gleich der doppelten Schiefe der Ekliptik, die 23° 28′ ist, bleibt. Für Archangel z. B., dessen geographische Breite gleich 64° 31′ ist, steigt die Sonne zur Mittagszeit im Sommer auf die Höhe von 49, im Winter aber nur auf 2 Grade. Ganz dasselbe mufs daher auch für den Mond zur Zeit des Neumonds gelten, da er für diese Zeit immer nahe an demselben Puncte des Himmels gesehn wird, wo die Sonne selbst ist. Der Mond hat also zur Zeit des Neumonds im Sommer eine sehr grofse und im Winter nur eine sehr kleine mittägige Höhe. Allein am Tage des Vollmonds steht der Mond an dem der Sonne entgegengesetzten Puncte des Himmels, er steht hier der Sonne gegenüber und ist daher in Rectascension von der Sonne

um 180 Grade verschieden, die Declination des Mondes aber ist nahe ebenso grofs, als die der Sonne, nur von entgegengesetztem Zeichen, so dafs, wenn z. B. die Declination der Sonne 20° nördlich ist, wie um die Mitte der Monate Mai und Julius, die Declination des Mondes gleich 20°, aber südlich, d. h. gleich der Declination der Sonne zur Zeit der Mitte Januars und Novembers seyn wird, so dafs also der Mond an dem Tage des Vollmonds im Winter zu Mittag sehr hoch, im Sommer aber nur in einer sehr geringen Höhe über dem Horizonte stehn wird, übereinstimmend mit dem, was oben gesagt worden ist.

O. Temperatur auf der Oberfläche des Mondes.

Wegen dieser Eigenheiten der Tags- und Jahreszeiten des Mondes wird auch die Temperatur auf seiner Oberfläche von der auf unserer Erde sehr verschieden seyn. Auf der Erde werden die näher bei den Polen liegenden Gegenden, die in ihrem Winter einer sehr grofsen Kälte ausgesetzt sind, im Sommer durch die sehr langen Tage wieder beträchtlich erwärmt, so wie auch die Gegenden der heifsen Zone zur Zeit der Solstitien, wegen des schiefen Standes der Sonne, wieder etwas abgekühlt werden. Anders aber verhält es sich auf dem Monde, wo die den Polen nähern Orte die Sonne immerfort tief an ihrem Horizonte und die dem Aequator nahen Orte sie immer in der Nähe ihres Zeniths sehn und wo aufserdem für alle Orte des Monds die Tags- und Nachtzeiten durch das ganze Jahr nahe von gleicher Dauer sind, so dafs also hier keine von jenen Compensationen statt findet, die wir auf unserer Erde treffen und die so wohlthätig auf das gesammte Thier- und Pflanzenreich einwirken.

Dazu kommt, dafs die den Mond umgebende Atmosphäre, wenn sie überhaupt existirt, eine so geringe Dichtigkeit hat, dafs sie gewifs noch nicht mit der Dichtigkeit unserer Luft auf den höchsten Bergen der Erde verglichen werden kann. Eine so ungemein dünne Luft ist aber, wenn sie anders der unsern gleicht, auch nur einer sehr geringen Erwärmung durch die Sonnenstrahlen fähig, so dafs es daher auf der Oberfläche des Mondes, aller Wahrscheinlichkeit nach,

besonders an den Polen desselben, ungemein kalt seyn wird, wenigstens für unser Gefühl, für welches auch die stets gleiche 14 Tage lange Gegenwart und Abwesenheit der Sonne keine sehr angenehmen Folgen haben könnte, so dafs wir, an den Aequator des Mondes versetzt, immer abwechselnd zwei Wochen einer brennenden Sonnenhitze und ebenso lange wieder einer alles erstarrenden Kälte ausgesetzt seyn würden. Vielleicht dafs auf diese Art alle Feuchtigkeit, Flüsse, Seen, Wolken und Nebel, von der der Sonne ausgesetzten Seite des Monds, durch eine Art von Destillation im Vacuum, auf die andere, auf die Nachtseite des Monds gebracht wird, woraus dann eine grofse Trockenheit unter der verticalen Sonne und eine immer zunehmende Kälte und Feuchtigkeit auf der Nachtseite folgen würde. Vielleicht bilden sich dadurch auch eigene Wassersammlungen an den Lichtgrenzen des Monds, die dann in jedem Monate die ganze Oberfläche des Mondes gleich wandernden Seen durchziehn. Auch wäre es möglich, dafs eine immerwährende Verdampfung auf der lichten und eine Verdichtung auf der beschatteten Seite des Monds eine Art von Gleichgewicht der Temperatur erzeugten, wodurch wenigstens die Extreme derselben wieder gemäfsigt werden könnten.

P. Atmosphäre des Mondes.

Die Astronomen haben sich lange nicht darüber vereinigen können, ob der Mond eine Atmosphäre habe oder nicht. Gegen die Existenz derselben erklärten sich Lahire, de l'Isle und Andere, vorzüglich aber Tob. Mayer; für dieselbe aber Dom. Cassini, Bianchini, Euler, Boscovich, Duséjour, Haller u. A., bis endlich in den neuesten Zeiten Schröter das Daseyn einer Mondatmosphäre durch unmittelbare Beobachtungen nachgewiesen hat[1].

Wenn diese Beobachtungen die Existenz einer Mondatmosphäre aufser Zweifel gesetzt haben, so haben sie auch zugleich gezeigt, dafs sie von unserer Luft sehr verschieden

1 Das Werk, worin dieses geschehn ist und welches hier noch öfter angeführt werden wird, heifst: Selenotopographische Fragmente. Von J. H. Schröter. Gött. 1791. 2 Bde. 4.

seyn müsse, dafs sie viel feiner, reiner und trockner ist, als unsere irdische Atmosphäre. Wenn unsere oben mitgetheilte Hypothese, dafs die Dünste des Monds von seiner beleuchteten Hälfte auf die Nachtseite geführt werden, der Wahrheit gemäfs ist, so mag dieses zugleich die Ursache seyn, warum uns die erleuchtete Fläche des Mondes immer so hell und trocken erscheint.

Oft sieht man dieselbe Gegend des Monds, unter demselben Erleuchtungswinkel von der Sonne und unter ganz denselben äufsern Verhältnissen, viel heiterer oder auch dunkler als sonst, ja oft sieht man kleine Gegenstände gar nicht, die man doch früher klar und deutlich gesehn hat. Schröter führt mehrere solche Beobachtungen an und Gruithuisen will sehr häufig Spuren ziehender Wolken auf der Oberfläche des Monds bemerkt haben, was auch von Schröter an mehrern Orten seines Werkes bestätigt wird. Der erste dringt mit Nachdruck auf diesen Beweis für das Daseyn einer Atmosphäre des Monds, da sich, wie er sagt, ein geübter Beobachter dieses Himmelskörpers die erwähnten Erscheinungen durchaus nicht anders erklären kann.

Wenn der Mond auf seinem Wege am Himmel kleinen Sternen begegnet, so fand Schröter[1], dafs diese Fixsterne immer lichtschwächer wurden, je näher sie, zwei oder drei Zeitsecunden vor dem Eintritte, dem Rande des Mondes kamen. Ohne Zweifel ist die Atmosphäre des Mondes, wie die der Erde, zunächst an der Oberfläche des Monds am dichtesten, daher sie hier das Licht der Sterne am meisten schwächt. Bei Gelegenheit der Sonnenfinsternifs am 5. Sept. 1793 fand Schröter den eben in die Sonne tretenden Mondrand nicht schwarz, sondern nur grau, und diese graue Farbe war zunächst dem Mondrande am hellsten und ging gegen die Mitte des Monds zu stufenweise in ein immer tieferes Dunkel über, woraus er ebenfalls auf die Existenz einer Mondatmosphäre schliefsen will. Den besten Beweis für das Daseyn einer Luftart auf dem Monde glaubte er aber in der *Dämmerung* zu finden, die sich auf dem Monde zeigen mufs, wenn er in der That mit einer Atmosphäre umgeben ist. Schröter suchte die Spuren einer solchen Dämmerung zu-

1 A. a. O. Th. I. S. 668. Th. II. S. 524.

nächst an der Lichtgrenze, wo die helle Seite des Mondes sich von der dunklen trennt und wo die Sonne eben auf- oder untergeht. Indeſs so oft er auch darauf ausging, er konnte diese Dämmerung in dem ganzen Verlaufe der Lichtgrenze nicht erblicken, wahrscheinlich weil das Licht der erleuchteten Seite das Auge zu sehr blendet, um einen so schwachen Lichtschimmer noch bemerken zu können. Allein am 24. Febr. 1792 fand er zufällig, auf welche Puncte dieser Lichtgrenze man sein Augenmerk richten müsse, wenn man diese schwache Dämmerung noch beobachten will. Es war eben nach dem Neumonde und der Mond hatte nur noch die Gestalt einer sehr feinen Sichel oder eines dünnen Silberfadens. Sein Teleskop zeigte ihm diesen Faden und besonders seine beiden Endpuncte, die sogenannten Hörnerspitzen, mit der gröſsten Klarheit, aber dafür noch gar keine Spur von der übrigen dunklen Seite des Mondes oder von dem oben angeführten aschgrauen Lichte desselben. Auf einmal fing diese dunkle Seite an, sich zu entwickeln, aber nur an den beiden Hörnerspitzen und auch hier nur auf einige Grade von diesen Spitzen, während alles Uebrige der dunklen Seite noch völlig unsichtbar war. Diese Spitzen schienen jetzt in einem matten, grauen Lichte auszulaufen und dieses Licht wurde mit der Entfernung von den Spitzen stufenweise matter und schien an seinen entferntesten Enden sehr schwach begrenzt und gleichsam verwaschen zu seyn. Beide Spitzen hatten dieselbe Erscheinung und seine Messungen zeigten ihm die Länge dieses dämmernden Bogens gleich 1 Min. 20 Sec., so daſs sich derselbe nahe 20 geogr. Meilen über die Fläche des Mondes hin erstreckte. Einmal auf diese Erscheinung aufmerksam gemacht wiederholte er die Beobachtung bei jedem günstigen Neumonde. Nachdem er sich nicht nur von dem Daseyn und den Dimensionen dieses Phänomens, sondern auch davon überzeugt hatte, daſs dasselbe nichts anderes, als eine wahre Dämmerung des Sonnenlichts in der Atmosphäre des Mondes seyn könne, ging er an die Berechnung der Höhe dieser Atmosphäre, diese letzte nämlich so hoch genommen, als sie noch das Licht für uns merkbar zu reflectiren im Stande ist[1]. Aus vielen solchen Berechnungen fand er im Mittel das Resultat, daſs die Höhe der

1 Vergl. Art. *Dämmerung*. Bd. II. S. 274.

Atmosphäre des Monds über der Oberfläche dieses Himmelskörpers 7880 Par. Fuſs, also nahe 0,345 einer geogr. Meile betrage, während die auf demselben Wege gefundene Höhe der Atmosphäre der Erde 8 bis 10 Meilen erreicht. Ueber jener Höhe von 0,345 Meilen ist ohne Zweifel auch noch Mondluft, aber eine so dünne, daſs sie für unsere Augen kein Sonnenlicht mehr zurückwerfen kann, so daſs also auch die höchsten Berggipfel des Mondes, die, wie wir bald sehn werden, über eine Meile gehn, noch immer ihre atmosphärische Umhüllung haben werden.

Weitere Betrachtungen dieses Gegenstandes führten Schröter auf die Behauptung, daſs die Atmosphäre des Monds in ihren tiefsten Schichten 28mal weniger Dichtigkeit habe, als unsere Atmosphäre der Oberfläche der Erde. Dusejour wollte aus seiner Berechnung der Sonnenfinsterniſs des Jahres 1764 gefunden haben, daſs die Atmosphäre des Mondes die den Mondrand berührenden Sonnenstrahlen um $4\frac{1}{2}$ Secunden breche oder daſs die Horizontalrefraction auf dem Monde $4\frac{1}{2}$ Sec. betrage, während sie bei uns auf 38 Minuten steigt. Nach Gruithuisen beträgt diese Horizontalrefraction auf dem Monde $0^{\circ}\ 6'\ 18''$ und die Dichte der Mondluft 0,196 der Dichte unserer Atmosphäre, woraus er die Barometerhöhe auf der Oberfläche des Mondes zu $5\frac{1}{2}$ Zoll und bei diesem Barometerstande die Siedehitze des Wassers zu 48° Réaum. ableitet. Der Astronom Th. Schubert in Petersburg nimmt im Gegentheile die Horizontalrefraction auf dem Monde nahe gleich einer Secunde an, aber man sieht, daſs alle diese Angaben noch im hohen Grade ungewiſs sind und wahrscheinlich auch noch lange bleiben werden. Begnügen wir uns damit, wenigstens die Existenz einer Mondatmosphäre durch Beobachtungen erwiesen zu sehn.

Q. Beschaffenheit der Mondoberfläche.

Wenn es, wie vorhin gesagt wurde, in der That Wolken auf dem Monde giebt, so kann es wohl auch daselbst an Wasser, d. h. an einer unserm Wasser mehr oder weniger ähnlichen Flüssigkeit, nicht fehlen. Schröter glaubt aus seinen Beobachtungen auf ein solches Wasser auf dem Monde schlieſsen zu dürfen, obschon er gröſsere Seen, Flüsse u. dgl.

nie daselbst gesehn hat. Nach ihm ist der Mond keineswegs ein so ganz trockener, kreideartiger Körper, wie man ihn zu seinem Verdrusse so oft zu nennen pflegte. Das, was wir in der Topographie des Mondes *Meere* zu nennen pflegen, das *Mare Crisium*, das *Mare Foecunditatis* u. s. w. sind, seinen Beobachtungen zufolge, gewiſs keine Meere, aber sie mögen es in der Vorzeit gewesen seyn. Die Circellen oder kleinen kreisförmigen Aushöhlungen, die man so häufig auf dem Boden dieser sogenannten Meere antrifft und die oft beträchtlich tief unter die äuſsere Fläche dieses Bodens sich herabsenken, sind selbst in ihren tiefsten Stellen noch immer ganz trocken, wie man deutlich zu der Zeit sehn soll, wo die Sonne ihr Inneres beleuchtet. An andern Stellen seines Werkes neigt er sich wieder mehr zu der Meinung hin, daſs alles Wasser auf dem Monde gänzlich fehle. Er finde, sagt er, nirgends eine nur etwas bedeutende Fläche, die vollkommen eben wäre. Was zuweilen ganz eben erscheint, sieht man zu andern Zeiten oft wieder mit kleinen Löchern oder Hügeln, mit Bergadern u. dgl. bedeckt, was wenigstens dann der Fall ist, wenn die zu untersuchende Stelle der Lichtgrenze sehr nahe kommt, wo dann die kleinen Erhabenheiten und Vertiefungen durch ihre Schatten deutlich hervortreten, die sie bei dem sehr niedrigen Stande der Sonne zu dieser Zeit hinter sich werfen. Auf jeden Fall, schlieſst er, ist das Wasser, wenn es überhaupt auf dem Monde existirt, nur in sehr geringer Menge vorhanden und wahrscheinlich auch von einer viel geringern Dichtigkeit, als unser irdisches Wasser. Selbst unter der äuſsersten Rinde des Mondes, meint er, wird man nicht viel von dieser Flüssigkeit voraussetzen dürfen, da auch die so häufigen und tiefen Gruben des Monds keine Spur desselben an ihrem Boden zeigen, während man bei uns auf den meisten Stellen schon in einer geringen Tiefe oft viel Wasser findet, wie man an unsern Brunnen und Bergwerken sieht. Gruithuisen findet zwar überall auf dem Monde Anzeigen hoher Meere aus der Urzeit, die aber alle bis auf die letzten Spuren verschwunden sind. Auch sah derselbe selbst in den tiefsten Aushöhlungen, deren der Mond doch so viele hat, keine Spur von stehenden Gewässern, obgleich in ihnen neblige Bildungen nicht selten sind, die aber auch nach ihm eine Art Rauch seyn können. Doch fand er in geringern Tiefen,

wie in der Ringfläche des Schickard und Plato, nicht selten Erscheinungen, die ihm auf Wasser zu deuten schienen. An Wolken und Nebeln aber soll, nach Gruithuisen, nicht weiter zu zweifeln seyn, daher es auch auf dem Monde wohl keinen Regen, aber doch Thau geben mag, aus dem dann auch wohl an manchen Orten kleine Wassersammlungen, selbst bachähnliche Wasserleitungen, entstehn mögen. Nach allem Vorhergehenden wird es wohl am gerathensten seyn, die definitive Beantwortung dieser Frage künftigen Beobachtungen zu überlassen.

Mehrere Beobachter haben auf der Oberfläche des Mondes Spuren von Feuer gefunden. So sahen Villeneuve und Nouet im J. 1787 nahe bei dem Flecken Heraclides in der Nachtseite des Monds einen hellen Punct, gleich einem Fixstern der sechsten Gröfse, dessen Licht von Zeit zu Zeit an Intensität ab- und zuzunehmen schien. Piazzi sah oft hellleuchtende Puncte zur Zeit des Neumonds auf der Oberfläche dieses Satelliten und er hielt sie für selenitische Brände. Herschel sah im April 1787 in der Nachtseite des Monds drei Lichtflecken, deren jeder nahe eine halbe geogr. Meile im Durchmesser hatte, und er glaubte, dafs es Eruptionen von Mondvulcanen wären. Dieselbe Meinung hegte Schröter[1] von einem ähnlichen Lichte, das er in der Nachtseite des Monds gesehn hatte, während er ein anderes, im *Mare Vaporis* beobachtetes Licht für eine Feuersbrunst erklärte. Am 15. October 1789 bemerkte er in der Nachtseite des Monds und zwar im *Mare Imbrium* mehrere Lichtfunken, von welchen jeder die Helligkeit der erleuchteten Mondfläche hatte, und als diese Funken ihren Weg über die halbe Scheibe des Monds zurückgelegt hatten, kam ein zweiter ähnlicher „Lichtsprudel" nach, welcher in derselben Richtung über den Mond hinzog. Nach der beigefügten Zeichnung bestand jeder dieser Lichtsprudel aus etwa zwanzig einzelnen Funken, deren jeder im Durchmesser 0,4 einer Secunde oder 2250 Par. Fufs haben mochte. Gruithuisen hält sie aber für Fragmente einer kurz zuvor geplatzten Feuerkugel, deren Trümmer zwischen der Erde und dem Monde vorbeiflogen. Am 3. Mai 1715 sah

1 A. a. O. Th. I. S. 592. Taf. 40. Fig. 6.

Louville[1] in London zur Zeit einer totalen Sonnenfinsternifs eine einem Blitze ähnliche Erscheinung über den Mond ziehn; andere Beobachter derselben Erscheinung vergleichen sie mehr mit einem fortbrennenden Pulvergange, der eine Mine anzünden soll. Auch dieses Phänomen hält Gruithuisen für von einer Feuerkugel verursacht. Man mufs bedauern, dafs die meisten dieser Erscheinungen nicht umständlich und genau genug beschrieben worden sind, um daraus mit einiger Verläfslichkeit Schlüsse ziehn zu können.

Dieser Gegenstand leitet übrigens gleichsam von selbst auf die *Vulcane*, von denen man immer so viele im Monde gesehn haben will. Schröter scheint nicht zu zweifeln, dafs dieses wirkliche, wenn auch jetzt schon gröfstentheils erloschene Vulcane sind. Der blofse Anblick des Monds, sagt er, zeigt schon, dafs es hier in der Vorzeit sehr viele und gewaltige vulcanische Eruptionen gegeben hat und zwar mehrere sehr ausgebreitete und zu verschiedenen Epochen wiedergekommene Eruptionen. Nach ihm müssen es ganz ungeheuere innere Kräfte gewesen seyn, welche die Berge des Mondes auf so grofse Höhen getrieben und aus mehrern von ihnen Vulcane gebildet haben, deren Krater 15, 20, ja selbst 30 geogr. Meilen im Durchmesser hat, wahre Giganten gegen unseren Aetna und Vesuv, deren Krater nur eine Oeffnung bei jenem von 4000 und bei diesem von 1800 Fufs hat. Gruithuisen im Gegentheile findet überall auf dem Monde keine Spur von vulcanischen Formationen, kein Anzeichen von einem eigentlichen Krater, dafür tritt ihm desto deutlicher die Diluvialformation beim Monde auf, indem er überall nur angeschwemmtes Land sieht. Die vielen Ringgebirge sind ihm durch das Einschlagen von kugelartigen Weltkörpern in die anfänglich noch weiche Masse des Mondes entstanden, die sich in die Tiefe des Monds versenkt und jene runden Höhlen zurückgelassen haben. Man sieht, dafs wir uns begnügen, die Ansichten zweier so ausgezeichneter Beobachter des Mondes neben einander aufgestellt zu haben.

Schon der erste Anblick des Mondes durch ein gutes Fernrohr zeigt uns eine grofse Anzahl von Flecken, die sich zum Theil als Berge, als Thäler und Schluchten oder als

1 Mém. de Paris. 1715. p. 96. u. 126.

grofse, als sehr weit verbreitete Ebenen deutlich erkennen lassen. Diese Gegenstände lassen sich zweckmäfsig unter folgende Abtheilungen bringen.

I. *Ringgebirge* oder *Wallebenen*. So nennt man die auf dem Monde so häufig vorkommenden Flächen, die ringsum von einer meistens kreisförmigen Gebirgsreihe kranzartig umgeben sind. Die innere, von diesen Gebirgen eingeschlossene Fläche ist meistens convex oder gewölbartig aufgetrieben und an mehrern Stellen mit kleinen Bergen oder Löchern besetzt. Diese innere Fläche hat oft einen scheinbaren Durchmesser von einer, von zwei und selbst von mehrern Bogenminuten. Da aber eine Bogenminute, auf der Mitte der uns sichtbaren Mondscheibe, nahe 15 geogr. Meilen beträgt, so ist der Durchmesser dieser kreisförmigen Wallebenen oft 15, 30 und mehr Meilen. In der diesem Artikel beigelegten Generalkarte des Monds findet man eine grofse Anzahl dieser Ringgebirge, z. B. Ptolemäus, Alphons, Arzachel, Plato, Archimedes u. s. w. Fig. 337. So beträgt die von dem Gebirgskranze des Ptolemäus eingeschlossene Kreisfläche, da sie einen Durchmesser von 12 Meilen hat, volle 144 Quadratmeilen und diese Fläche enthält nur wenige kleinere Unebenheiten, mit Ausnahme eines nicht eben beträchtlichen Kraters, den man an der NWSeite der Wallebene abgebildet sieht. Der diese Fläche umgebende Gebirgskranz besteht aus vielen einzelnen, oft dicht an einander gereihten Bergen, von welchen die höchsten über 8000 Par. Fufs haben. An der Nordseite des Kranzes sieht man zwei gröfsere Krater, von welchen der eine noch beinahe ganz in dem Kranze liegt und bei seinem trichterförmigen Bau eine Tiefe von mehr als 7000 Fufs hat. Auch Plato und Newton, die man in den beigelegten Zeichnungen im gröfsern Mafsstabe abgebildet sieht, sind solche Wallebenen oder Ringgebirge. Fig. 338, 339. u. 340.

II. *Krater*. So nennt man diejenigen, meistens ebenfalls von einem kreis- oder ellipsenartigen Ringgebirge umschlossenen Flächen, deren Krümmung gegen die übrige Mondfläche concav oder vertieft ist, so dafs diese Ringgebirge eine hohle, becher- oder kesselförmige Fläche begrenzen, die in ihrem obern oder gröfsten Durchmesser meistens viel kleiner ist, als die Fläche der Wallebenen, da sie gewöhnlich nur eine oder einige wenige Meilen im Durchmesser hat. In dem

Innern dieser kesselartigen Vertiefungen, wenn sie nicht zu tief sind, findet man oft einen kegelartigen Centralberg und auch wohl noch mehrere andere kleinere Berge zerstreut. Einen
Fig. 341. solchen Krater findet man in der Karte unter den Namen Vitruv und Plinius abgebildet, während die mit L und Maraldi bezeichneten Gegenstände Wallebenen sind und zur ersten Classe gehören. Auch von diesen Kratern giebt es sehr viele, selbst gröfsere, auf dem Monde, während die Anzahl der kleineren ins Unendliche zu gehn scheint, wie denn schon diese kleinere Karte bei m, m, m... eine sehr grofse Menge derselben zeigt, die bald isolirt in gröfseren Flächen, bald auch mitten in andern Gebirgen, besonders in den Kranzgebirgen der Wallebenen und selbst der gröfseren Krater stehn. In Fig. 340. sind dergleichen Krater bei a und b und mehrere kleine bei n, n, n.. abgebildet.

III. *Kettengebirge*, an einander hängende Berge, die in einer meistens gekrümmten Richtung über die Mondfläche hinziehn, ohne einen gegebenen Raum einzuschliefsen, während sie zugleich die mannigfaltigsten Thäler zwischen sich bilden. Eines der gröfsten dieser Kettengebirge sieht man in der Generalkarte auf der Westseite von Cassini, Aristipp und Autolicus bis zu Eratosthenes eine Strecke von mehr als 200 Meilen fortlaufend. Der südlichste Theil dieser Kette heifst das Apenninische Gebirge. Kleinere Kettengebirge sieht man in Fig. 340. bei m m und das gabelförmige bei p p.

IV. *Bergkegel* sind, wie schon ihr Name sagt, kegelförmige Berge, die isolirt in der sie umgebenden Ebene stehn uud sich meistens sehr schroff über dieselbe erheben. Hierher gehören auch alle übrigen isolirten Berge, wenn sie auch nicht genau die Gestalt eines Kegels haben. Dergleichen sieht man in Fig. 338. bei t, m, q und rings um B, ebenso in Fig. 339. bei k, c und f und endlich in Fig. 340. bei f und g.

V. *Rillen* oder *Bergadern*, schlangenartige Vertiefungen oder auch zuweilen Erhöhungen von geringer Breite, aber oft sehr grofser Länge, unseren Thalwegen, ausgetrockneten Bachbetten oder Strafsen ähnlich. Gewöhnlich führen sie von einem Krater zum andern. Eine sehr ausgezeichnete sieht man in Fig. 338. von dem Ringgebirge Newton über n, l, m nach einem Bergkegel m und über n, l, o, p gegen Süd fortlaufen. Die Generalkarte zeigt noch gröfsere solcher Rillen,

besonders in dem *Mare Serenitatis* und im südlichen Theile des *Mare imbrium*.

VI. *Schluchten* oder *Löcher* sind meistens sehr tiefe Einsenkungen, deren oberste Oeffnung gewöhnlich kreisrund ist. Mehrere unter ihnen sind sehr grofs, so dafs der Durchmesser ihrer obern Oeffnung zehn, zwanzig und mehr Meilen und ihre Tiefe eine halbe, ja zuweilen selbst fast eine ganze Meile beträgt. Sie finden sich wohl auch in Ebenen, doch meistens in Bergen eingesenkt, aber ohne, wie die Ringgebirge und Krater, mit einem aufgeworfenen Walle umgeben zu seyn. Ihre Vertiefungen sind meistens becken- oder trichterartig ausgehöhlt. Dergleichen Schluchten sieht man in Fig. 338. am südwestlichen Rande des Plato bei g und in der Mitte des Montblanc, wo sie, so lange die Sonne nicht senkrecht über ihrer Oeffnung steht, wie ganz schwarze Kreise erscheinen.

VII. Endlich die sogenannten *Meere* oder weitverbreitete Ebenen, die nur da und dort zerstreute Berge, Klüfte oder Rillen haben. Ein solches ist das *Mare Imbrium* im grofsen Mafsstabe, obschon nur dessen nördlicher Theil, in den Charten Fig. 338, 339 und 340. In der Generalcharte erscheinen sie als grofse, dunkelgraue Flecken, wie das *Mare Crisium, Mare Foecunditatis, Tranquillitatis, Serenitatis* u. s. w. Hierher gehört auch der *Oceanus procellarum* auf der Ostseite des Monds, der *Sinus epidemiarum* westlich von dem *Mare humorum*, der *Sinus iridum* im NO. des *Mare imbrium*, der *lacus somniorum* westlich von Posidonius u. s. w. Gruithuisen unterscheidet von diesen Ebenen mehrere Arten.

A. Diejenigen, die schon bei ihrem Sonnenaufgang sehr dunkelgrau erscheinen, gleich unsern Wäldern von Nadelholz. Sie sind meistens von nur geringer Ausdehnung von zwei bis vier Quadratmeilen, wie z. B. der Flecken Schröter, Rheticus, Stadius u. a.

B. Die zweite Art von Flächen erscheint kurz vor der Zeit, wo die Sonne über ihnen aufgeht, in einer bleichen Farbe und endlich bei Sonnenaufgang selbst ganz bleich, aber sie werden, je länger die Sonne über ihnen steht, desto dunkler, bis sie, acht oder zehn Tage nach ihrem Sonnenaufgang, ganz schwarzgrau werden. Hieher gehört der Flecken Timäus,

Hercules, Mercur, Zoroaster, die Mitte Grimaldi's und die innere Wallebene des Alphonsus, des Cleomedes u. s. f.

C. Die dritte Art bilden diejenigen Flächen, die bei Sonnenaufgang mit einem dünnen Nebel überzogen sind, der aber bald darauf verschwindet, wo dann die Ebenen selbst abgeblafst erscheinen, jedoch allmälig sich ins Dunkle färben, je länger die Sonne über ihnen steht. Gegen ihren Sonnenuntergang fangen sie wieder an zu erblassen. Am deutlichsten sieht man diese Aenderung ihres Aussehens bei den um den Aequator liegenden Ebenen dieser Art, weniger klar aber an den Polarebenen. Gruithuisen hält diese und die Flecken B für mit Pflanzen bedeckte Flächen, deren Gewächse erst bei Sonnenaufgang entstehn und bei Sonnenuntergang wieder vergehn. Ueberhaupt soll man die graue Farbe von dem Aequator zu beiden Seiten bis zur Breite von $\pm$ 50° vorherrschend finden; näher nach den beiden Polen hin wird sie immer seltener. Hierher gehört z. B. das *Mare Imbrium*, *Vaporum*, *Nubium*, *Serenitatis* u. s. w.

Auch bei den oben unter No. V. erwähnten Rillen unterscheidet Gruithuisen vorzüglich zwei Gattungen. *A. Flufsbettartige Gebilde*, die ihm Strafsen zu seyn scheinen. Dahin gehört die Rille, welche in SSO. bei Triesnecker anfängt und im *Mare Vaporum* mit sieben Flufsarmen endet; die zwei Rillen, die im Agrippa entspringen und in der Kluft des Hyginus enden u. s. f. *B. Geräumte*, wie er jene *geradlinigen* Rillen meistens von beträchtlicher Breite nennt, die immer nur in dunkelgrauen Gegenden getroffen werden, gleich Waldalleen, die durch grofse Wälder führen. Sie bestehn aus senkrechten Einfurchungen in die sie umgebenden Flächen von 30 bis 80 Fufs Tiefe, völlig ohne Seitenwall und nur dann gut sichtbar, wenn die Sonne eben über ihnen auf- oder untergeht. Gewöhnlich führen sie zu ausgezeichneten Bergen oder Wallgebirgen oder zu Klüften. Man sieht ein solches Geräumte, das die Form des Buchstabens T hat, in der Ringebene des Posidonius; ein anderes führt von Eratosthenes zu Copernicus u. s. w. Wieder andere durchschneiden sich und geben das Ansehn eines mit Absicht angelegten Canalbaus, wie z. B. die Geräumte südlich vom Agrippa oder die zwei südlich am Bullialdus liegenden Rillen u. s. w.

Schröter ist der Ansicht, dafs alle diese Gebilde auf der Oberfläche des Mondes, die so häufig sind und von grofsen Zerstörungen in der Vorzeit zeugen, zu einer Epoche entstanden seyn müssen, wo die Masse des Mondes schon nicht mehr weich oder hinlänglich mit Wasser gemischt gewesen ist, während im Gegentheile die Gebirge unserer Erde offenbar aus einer sehr weichen Masse durch Diluvialformation entstanden seyn sollen. Auf dem Monde aber hätten innere vulcanische Kräfte oder Dämpfe die bereits erhärtete Masse in die Höhe gehoben, wobei diese Masse durch die grofse Erhitzung an vielen Stellen in Flufs gerathen sey und so durch Schmelzung jene regelmäfsigen Gestalten gebildet habe, deren wir jetzt so viele auf dem Monde finden. Er zweifelt daher nicht weiter daran, dafs die Vulcane in der Vorzeit auf der Oberfläche des Mondes viel thätiger gewesen sind, als auf unserer Erde. Auch soll man deutlich sehn, dafs nicht blofs eine, sondern mehrere allgemeine Revolutionen auf dem Monde zu verschiedenen Epochen statt gehabt haben, daher man so häufig in den Ringgebirgen und Kraterumgebungen wieder neue, kleinere Krater finde, die von einer Formation in späteren Zeiten kommen. Schröter giebt ferner als eine allgemeine Bemerkung an, dafs alle Ringgebirge und Krater von grofsem Durchmesser nie sehr hoch sind, während die Wälle der kleinern Krater oft eine bedeutende Höhe haben, die höchsten Berge des Mondes aber finde man immer nur in den nicht kraterhaltigen Gebirgen. So gehn die Berge in den Wällen der Ringgebirge nicht leicht über 9000 Fufs, während der Montblanc bis zu einer Höhe von 12000, Leibnitz und Dörfel sogar bis 25000 Fufs heransteigen. Schröter meint, dafs bei jenen grofsen Revolutionen, welche dem Monde seine gegenwärtige Gestalt gegeben haben, diese höchsten Berge dadurch entstanden sind, dafs bei ihnen die innere elastische Kraft zu keinem Durchbruche kam, also keinen eigentlichen Krater, sondern nur eine grofse Aufschwellung des Bodens erzeugte. In der That haben auch eben diejenigen Gegenden, welche mit den höchsten Gebirgen versehn sind, die wenigsten Krater. Ebenso sind umgekehrt in allen kraterreichen Gegenden auch die meisten Bergadern und Rillen zu sehn und diese letzteren laufen beinahe immer nur von einem Krater zum andern. Diese Rillen bezeichnen also gleich-

sam den Weg, welchen die innern Kräfte nahmen, gleich unsern Maulwurfswegen, indem sie, so lange diese Kräfte hinlänglichen Widerstand fanden, blofs die Erde über ihnen erhoben, wenn sie aber zu alten Kratern kamen, über der Oberfläche hervor brachen und auch wohl, neben jenen, wieder neue Krater bildeten, daher man diese so oft und in so grofser Nähe bei jenen sieht. Bemerken wir noch mit Schröter, dafs die *innere* Fläche der Ringgebirge, wie bereits oben gesagt wurde, *convex* und gleichsam blasenartig aufgetrieben erscheint, zum Zeichen, dafs auch hier noch eine innere Kraft thätig war, aber dafs sie nicht zum Ausbruche kommen konnte.

Die oben erwähnten Kettengebirge laufen häufig aus einem gemeinschaftlichen Mittelpuncte strahlenartig nach mehrern Seiten aus und bilden eine Gattung von Stern. Ausgezeichnete Gebilde dieser Art und im gröfsten Style findet man bei Tycho, Kepler, Copernicus u. A. Das eigentlich Charakteristische aber in dem Baue der Oberfläche dieses Himmelskörpers ist immer der Ringgebirgstypus. Die von Bergen ringsum eingeschlossenen Flächen oder die Wallebenen und ebenso die Krater, welche beide Bildungen bei weitem am zahlreichsten unter allen übrigen auf dem Monde vorkommen, sind durchaus von kreisförmiger oder doch von elliptischer Gestalt, welche letztere aber öfter nur scheinbar ist, wenn nämlich der Kreis näher am Rande des Mondes steht, wo er uns, seiner schiefen Lage wegen, als eine Ellipse sich darstellen mufs. Auf unserer Erde ist diese Kreisbildung der Berge und Klüfte wohl nur selten, obwohl solche in einzelnen Gegenden vorkommen, wie man z. B. in Breislak's Charte von den Umgebungen Neapels und den Campi Phlegräi und in Desmarest's Charte vom Puy de Dôme in der Auvergne sieht.

Bei den Gebirgen, mit welchen der Mond ganz bedeckt ist, fällt vor allem die ungemeine Höhe derselben auf. Die Berge in Quito steigen bis zu einer Höhe von 20000 Par. Fufs und die des Himalajagebirgs bis 24000 Par. Fufs. Die Höhe der letztern beträgt also nahe den 820sten Theil des Halbmessers der Erde. Allein in dem viel kleinern Monde giebt es Berge, wie Leibnitz, Dörfel, d'Alembert und Hook, die sich nahe ebenso hoch, wie der Himalaja, über die sie umgebende Fläche erheben. Da aber der Halbmesser des

Monds nur 235 geogr. Meilen oder 5367900 Par. Fuſs beträgt, so ist die Höhe dieser Mondberge schon der 223ste Theil des Halbmessers des Mondes, so daſs demnach, in Beziehung auf die Halbmesser dieser beiden Weltkörper, die Berge des Monds ebenfalls $\frac{11}{3}$ oder nahe viermal gröſser sind, als die der Erde.

Dabei erscheint es merkwürdig, daſs bei dem Monde, wie bei allen Planeten, die meisten höchsten Berge immer nur in der südlichen Hemisphäre angetroffen werden. Schröter hat dasselbe auch bei Mercur und Venus gefunden, und auf der Venus besonders einen Berg, dessen Höhe über sechs geogr. Meilen, also nahe siebenmal mehr als die Höhe des Chimboraço beträgt.

Hier folgt ein Verzeichniſs der vorzüglichsten Berge des Monds, wie sie Schröter gemessen hat. Die zweite Columne giebt die Höhe in Par. Fuſs und die dritte den Durchmesser der Basis des Berges in geogr. Meilen. Das Gebirge Leibnitz hat vier und Dörfel drei ausgezeichnete Bergkuppen, die hier durch römische Zahlen unterschieden sind.

Höhen der Ringgebirge im Ganzen oder im Mittel aus dem Contour genommen.

	Höhe	Basisdurchmesser
Aristill	6600 Par. Fuſs . .	10 □ Meil.
Autolycus	5400 — . . .	6 —
Archimedes	4800 — . . .	13 —
Plato, Aristarch, Newton	3000 — . .	— —
Manilius, Heraklides . .	1800 — . .	— —

Ausgezeichnete Höhen einiger einzelnen Bergkuppen mitten in den Ringgebirgen.

	Höhe	Basisdurchmesser
Lacaille . .	10200 Par. Fuſs . .	6 □ Meil.
Eratosthenes .	9000 — . .	7 —
Plato . . .	8400 — . .	15 —
Archimedes . .	6600 — . .	13 —

In Ebenen stehende, isolirte hohe Berge.

	Höhe		Basisdurchmesser
Leibnitz I	25200	Par. Fuſs	8 □ Meil.
— II	25000	—	10 —
— III	24600	—	7 —
— IV	24000	—	5 —
Dörfel I	25100	—	6 —
— II	24600	—	13 —
— III	23400	—	6 —
Huyghens	19800	—	9 —
Calippus orientalis	15600	—	5 —
Bradley	14600	—	4 —
Montblanc	13200	—	3 —
Hadley	12600	—	2 —
Wolff	11400	—	8 —
Purbach	10200	—	2 —

Einzelne Centralberge in der Mitte von Wallebenen.

	Höhe		Basisdurchmesser
Im Pythagoras	6000	Par. Fuſs	3 □ Meil.
Im Albategnius	5400	—	2 —
Im Walther	4800	—	2 —
Im Argaihel	3100	—	2 —
Im Alphonsus	3000	—	3 —

Von den zwei höchsten Bergen liegt Leibnitz nahe am südlichsten Rande des Monds, zwanzig Grade über Maginus, und Dörfel liegt nahe in derselben Breite mit Leibnitz, drei Grade westlicher; beide also liegen nahe an dem südlichen Rande des Monds. Man hat häufig behauptet, daſs der äuſserste Rand des Monds keine Berge, die über diesen Rand herausragen, enthalte, allein man sieht sie nur mit gewöhnlichen Fernröhren nicht leicht, auſser bei Sonnenfinsternissen, wo die dunkle Mondscheibe auf dem hellen Hintergrunde der Sonne diese Randgebirge sehr deutlich zeigt. So sah Schröter bei der Sonnenfinsterniſs des 5. Sept. 1793, bei dem Eintritte des Monds in die Sonne, den schwarzen Mondrand sehr ausgezackt und mit hohen Bergen versehn, die bis 3½ Secunden über den Mondrand hervorragten und also eine Höhe von $\frac{9}{10}$ einer geogr. Meile hatten. Diese Berge gehörten zu dem Ge-

birge, welches er mit dem Namen Dörfel bezeichnet hat. Wir werden bald unten auch von Höhlen und Klüften reden, die sich in dem äufsersten Rande des Mondes finden.

Hier wird es angemessen seyn, noch etwas über die Methode zu sagen, wie die Höhe der Mondberge gemessen werden kann. Die erste und einfachste haben wir so eben kennen gelernt, wenn man nämlich die Höhe eines Randberges zur Zeit einer Sonnenfinsternifs oder wenn man mit dem Mikrometer den Winkel mifst, welchen eine solche Hervorragung in dem Auge des Beobachters macht. Da bereits bekannt ist, dafs jede Raumsecunde einer solchen Beobachtung auf dem Monde 5622 Par. Fufs oder 0,245 einer geogr. Meile beträgt, so erhält man dadurch auch unmittelbar die Höhe des Berges, vorausgesetzt dafs diese Höhe auf der Gesichtslinie des Beobachters senkrecht steht. Man sieht, dafs durch diese Methode die Höhen der Berge in den meisten Fällen zu klein ausfallen müssen.

Nehmen wir nach einer zweiten Methode an, dafs der Berg aA in der dunklen Hälfte BaD des Mondes eben seinen Gipfel A von der Sonne in ⊙ beleuchtet erhalte, so dafs also die Linie ⊙BA eine Tangente des Kreises in B ist. Ist dann BC = aC = r der Halbmesser des Mondes in Theilen des gebrauchten Mikrometers und BA = d die mit demselben Mikrometer gemessene Entfernung des Gipfels A von der Lichtgrenze BCD und endlich Aa = H die gesuchte Höhe des Berges, so hat man in dem bei B rechtwinkligen Dreiecke Fig. 342.

$$(r + H)^2 = r^2 + d^2,$$

woraus man also die Gröfse H finden kann. Dieses Verfahren hat den Nachtheil, dafs es nur in der Nähe der Quadratur gebraucht werden kann, und dafs sich die Gröfse d nicht messen läfst, wenn andere Berge zwischen A und D liegen, was bei dem Monde so oft der Fall ist.

Die folgende dritte Methode ist von diesen Beschränkungen frei. Sey für die Zeit der Beobachtung ☾ die Länge und β die Breite des Mondes, so wie ⊙ die Länge der Sonne und r der Halbmesser des Monds in Theilen des Mikrometers. Ist d die gemessene senkrechte Distanz des Berges f von der Lichtgrenze DFE in denselben Theilen des Mikrometers ausgedrückt und h die Höhe der Sonne über dem Gipfel des Berges und bezeichnen wir durch d' und h' dieselben Gröfsen Fig. 343.

für das Schattenende des Berges, so findet man die gesuchte Höhe H des Berges durch folgende Ausdrücke:

$$\text{Cos.}\,\Delta = \text{Cos.}\,(☾ - ☉)\,\text{Cos.}\,\beta,$$

$$\text{Sin.}\,h = \frac{d}{r\,\text{Sin.}\,\Delta},\ \text{Sin.}\,h' = \frac{d'}{r\,\text{Sin.}\,\Delta},$$

$$\frac{H}{r} = \frac{\text{Cos.}\,h'}{\text{Cos.}\,h} - 1.$$

Ist aber, wie gewöhnlich, der Abstand des Berges von der Lichtgrenze nur klein, so sind auch h und h' nur geringe Gröfsen und daher

$$\frac{\text{Cos.}\,h'}{\text{Cos.}\,h} - 1 = \frac{2\,\text{Sin.}\,\frac{h+h'}{2}\,\text{Sin.}\,\frac{h-h'}{2}}{\text{Cos.}\,h} = (h - h')\,\text{Tang.}\,h$$

und aufserdem

$$h - h' = \frac{d - d'}{r\,\text{Sin.}\,\Delta},$$

so dafs man daher folgende Ausdrücke hat:

$$\text{Cos.}\,\Delta = \text{Cos.}\,(☾ - ☉)\,\text{Cos.}\,\beta,\ \text{Sin.}\,h = \frac{d}{r\,\text{Sin.}\,\Delta}$$

und

$$H = (d - d')\,\frac{\text{Tang.}\,h}{\text{Sin.}\,\Delta},$$

wo demnach $(d - d')$ die gemessene Länge des Schattens bezeichnet. Ist der Mond endlich sehr nahe an seiner Quadratur, so ist auch sehr nahe $\Delta = 90°$ und daher sofort

$$\frac{H}{r} = \frac{(d - d')}{r}\,\text{Tang.}\,h.$$

Um darauf ein Beispiel anzuwenden, so beobachtete Schröter am 8. October 1788 den felsenähnlichen Pico im südlichen Theile des Walles von Plato. Für den Anfang des Schattens oder für die Spitze des Berges wurde gefunden $d = 22$ und für das Ende des Schattens $d' = 18$ Mikrometertheile, während der Halbmesser des Monds $r = 222{,}25$ solcher Mikrometertheile betrug. Weiter war für die Zeit dieser Beobachtung $☉ = 196°\,5'$, $☾ = 303°\,7'$ und $\beta = +\,4°\,30'$, so dafs man also hat $\Delta = 106°\,58'$, $h = 5°\,56'$, $h' = 4°\,51'$ und $\frac{H}{r} = 0{,}0018$, oder die gesuchte Höhe des Berges betrug 0,0018

Mondhalbmesser, denselben zu 234 Meilen oder 5345030 Par. Fufs genommen, d. h. also H = 9621 Par. Fufs.

Nach den abgekürzten Formeln ist $d - d' = 4$, $h = 5^{\circ} 56'$, also auch

$$\begin{aligned} \text{Log.}(d - d') &= 0{,}60206 \\ \text{Log. Tang. } h &= \underline{9{,}01673} \\ & \overline{9{,}61879}, \\ \text{Log. } r \text{ Sin. } \Delta &= \underline{2{,}32751} \\ & 7{,}29128 \end{aligned}$$

oder

$$\frac{H}{r} = 0{,}0019,$$

nahe wie zuvor. Um sich von dem vorhergehenden Ausdrucke für $\frac{H}{r}$ Rechenschaft zu geben, sey $Aa = H$ die Höhe Fig. 344.
des Berges und BA die Richtung nach der Sonne ⊙, so ist $BAC = 90^{\circ} - h$ und $ABC = 90^{\circ} + h'$, also auch $AC = BC \cdot \frac{\text{Cos. } h'}{\text{Cos. } h}$ oder $H + r = r \frac{\text{Cos. } h'}{\text{Cos. } h}$, wie zuvor.

So wie die Berge des Monds sich durch ihre Höhe auszeichnen, so werden auch mehrere Löcher in demselben von ganz ungewöhnlicher Tiefe gefunden. Die folgende kleine Tafel giebt die merkwürdigsten derselben. Die erste Columne enthält die Tiefe in Par. Fufs und die zweite die Durchmesser ihrer obersten Oeffnung in geogr. Meilen.

	Tiefe	Durchmesser
Lambert, Manilius, Calippus, Bianchini, Euler, Autolycus	... 9000 Par. Fufs	.. 2½ bis 3 Meil.
Endox, Thebit, Pytheas ...	11000 —	.. 7
Helicon occidentalis	13000 —	.. 4
Bernoulli	18000 —	.. 3½

Schröter fand selbst den untersten Boden dieser tiefen Becken, so oft er von der Sonne beschienen wurde, immer leer von aller Feuchtigkeit. Uebrigens giebt es noch eine grofse Menge solcher tiefer, trichterartiger Höhlen auf dem Monde. So sah Schröter am 20. Nov. 1791 in dem östlichen, völlig scharf beleuchteten Mondrande einen grofsen Ausschnitt östlich von Mersennius und nahe 5 Minuten südlich von Grimaldi, dessen Tiefe über 16000 Par. Fufs betrug. Am 15

Februar 1792 sah er diese große Randöffnung wieder und überzeugte sich, daß es gewiß kein bloßer dunkler Flecken sey. Ueberhaupt sind diese Vertiefungen, so wie die Berge am beleuchteten Mondrande nicht so selten, als man wohl früher, bloß auf das Zeugniß von schwächern Fernröhren hin, glaubte. Der zweite Theil des erwähnten Werks von SCHRÖTER enthält sehr viele Beobachtungen dieser Art.

Hierher gehört auch das sonderbare *Loch im Monde*, das der spanische Admiral DON ULLOA bei Gelegenheit der totalen Sonnenfinsterniß des 14. Juni 1778 zur See beobachtet hát[1]. Kurz vor dem Ende dieser totalen Sonnenfinsterniß sah er, während einer Zeit von etwa 1¼ Minute, einen sehr kleinen lichten Punct der Sonne innerhalb des Mondrandes, der ganz einem Sterne der dritten Größe glich. Dieser Punct hatte, durch ein Dampfglas besehn, gleiche Lichtstärke und Farbe mit dem Sonnenlichte. DON ULLOA schließt aus dieser Beobachtung, daß der Mond an dieser Stelle, innerhalb seines Randes, ein Loch haben müsse, durch welches er die hinter dem Monde stehende Sonne scheinen sah. Beim Vollmonde, sagt er, könne man diese Oeffnung allerdings nicht sehn, weil sich die reflectirten Sonnenstrahlen nach allen Richtungen durchkreuzen und so gleichsam das Loch unsichtbar machen[2]. Dieser leuchtende Punct befand sich am nordwestlichen Mondrande ein wenig mehr gegen Norden, als der Punct, wo die Sonne am Ende der totalen Finsterniß zuerst wieder sichtbar wurde. SCHRÖTER[3] hält dieses vermeintliche Loch für eine der oben erwähnten Eintiefungen des Mondrandes, durch welche die Sonne bei ihrem Austritte aus der totalen Verfinsterung zuerst wieder als ein kleiner heller Punct sichtbar wurde, während alles Uebrige der Sonnenscheibe von dem Monde noch bedeckt war. SCHRÖTER fand auch in der That am 26. Dec. 1794 einen solchen Einschnitt am nordwestlichen Mondrande westlich von Thales und er nannte ihn deßwegen Don Ulloa. Diese Einsenkungen sind aber durchaus keine Kraterbecken, denn diese würden am Rande des Mondes nicht auf diese Weise erscheinen können, sondern sie

1 Mém. de Berlin. 1778. Journ. des Savans. 1780. Juin.

2 Berlin. Jahrbuch 1781. Th. II. S. 161.

3 A. a. O. Th. II. S. 385.

sind wahre Einschnitte der Oberfläche, ohne Randgebirge um sich zu haben; es sind Thäler, die unter die allgemeine Kugelfläche des Mondes eingesenkt sind. Wenn sie in ihrer Länge zufällig gegen unser Auge gerichtet sind, erscheinen sie als Löcher des Randes, aber nicht innerhalb desselben oder von dem Rande selbst noch umgeben, was offenbar nur durch eine optische Täuschung bei Ulloa bewirkt wurde. Ohne Zweifel giebt es auch innerhalb des Randes, näher bei dem Mittelpuncte des Mondes, noch mehrere solcher Vertiefungen, wir können sie nur dort nicht mehr so gut sehn. Aber ein förmliches, durch den ganzen Mond gehendes Loch anzunehmen ist doch gewiſs gar zu sonderbar und ein solches kann wenigstens auf die Autorität eines einzigen Beobachters hin nicht angenommen werden.

Es wäre interessant zu wissen, ob auf dem Monde auch jetzt noch Veränderungen vor sich gehn, neue Vulcane oder Berge entstehn u. dgl., wie auf unserer Erde wohl der Fall ist. Allein unsere genaueren Beobachtungen dieses Satelliten sind noch zu jung, um seine gegenwärtige Gestalt mit jener vergleichen zu können, die er in der Vorzeit gehabt haben mag. Wenn uns die alten Aegyptier oder Chaldäer eine Mondcharte überlassen hätten, so würden wir wahrscheinlich gar manchen Monte nuovo auf dem Monde zählen. Indeſs fehlt es uns nicht ganz an deutlichen Spuren von solchen Veränderungen. Schon Dom. Cassini beobachtete im October 1673 einen ganz neuen, zuvor ungesehenen groſsen weiſsen Flecken zwischen Pilatus und Walther. Der ältere Herschel sah am 4. Mai 1783 einen hellleuchtenden Punct in der dunklen Seite des Monds und von diesem Tage bis zum 13. Mai sah er auf derselben Stelle zwei neue Berge entstehn. Ebenso sah er im J. 1787 am 19. April in der dunklen Seite des Monds ein helles Licht, das er einem neu entstandenen Vulcane zuschrieb. Am 27. Aug. 1788 sah Schröter in der Wallebene des Hevelius einen runden schwarzen Flecken, den er früher nie gesehn hatte, den er lange Zeit verfolgte und ebenfalls für einen neuen Krater hielt. Anfangs erschien er als eine tiefe Einsenkung, gleichsam als ein Erdbruch, später aber, im October desselben Jahres, als ein Berg, dessen Fuſs wohl zwei Meilen im Durchmesser hatte. Schröter zählt mehrere solcher Gegenstände auf, die er früher nie, später

aber so deutlich sehn konnte und die sich, seiner Ansicht nach, nicht anders erklären lassen, als dafs sie so eben, gleichsam erst unter seinen Augen, entstanden seyen. So sah er im *Mare crisium* mehrere Jahre hindurch einen Berg, der eine sehr längliche, elliptische Form hatte, und später sah er denselben Berg stets vollkommen kreisrund.

Bewohner und Kunstproducte, die man im Monde angetroffen haben will, führen uns ganz natürlich auch auf diejenigen Gegenstände, die man nicht als Naturerzeugnisse, sondern als Artefacte, als mit Vorsatz von verständigen Wesen angelegte Werke angesehn hat. Der grofse Kepler, der sich aber von seiner lebhaften Einbildungskraft öfters zu weit führen liefs, war von der grofsen Menge der vollkommen kreisförmigen Gebilde des Mondes so hingerissen, dafs er sie alle als von den Bewohnern des Mondes eigens zu ihrer Bequemlichkeit aushöhlen liefs. Wenn er ein besseres Fernrohr gehabt hätte, so würde er diese Behauptung wohl nicht gewagt haben. Wenn es solche, mit Absicht angelegte Gegenstände, gleich unseren Gebäuden, im Monde giebt, so wird man wohl voraussetzen dürfen, dafs sie eine bestimmte Gröfse nicht übersteigen. Demnach wird es vor allem nothwendig seyn zu untersuchen, wie grofs wohl ein Gegenstand im Monde seyn soll, damit er von uns noch deutlich, seiner Existenz und auch seiner Gestalt nach, erkannt werden könne.

Bemerken wir zuerst, dafs, nach der bekannten Entfernung des Monds von der Erde, eine gerade Linie in der Mitte der uns sichtbaren Mondscheibe, wenn sie senkrecht auf unserer Gesichtslinie steht und eine Länge von 0,245 geogr. Meile oder von 5600 Par. Fufs hat, unseren Augen unter dem Winkel von einer Bogensecunde erscheint oder dafs umgekehrt eine geographische Meile auf dem Monde von uns unter dem Winkel von 4,08 Secunden gesehn wird. Daraus folgt, dafs eine Kreisfläche auf dem Monde, deren Durchmesser unter dem Winkel von einer Secunde gesehn wird, 0,0471 Quadratmeilen oder 24630000 Quadratfufs haben werde. Solche einzelne Gebäude von dieser Ausdehnung haben wir auf unserer Erde nicht, aber wohl würden mehrere unserer Städte, wenn sie auf dem Monde angelegt wären, unter einem noch viel gröfsern Winkel erscheinen.

Schröter sagt, dafs er mit seinem Herschel'schen Re-

flector, dessen Focallänge 7 Fufs hatte[1], einen Gegenstand im Monde von 890 Par. Fufs oder 0,04 geogr. Meile im Durchmesser schon als einen Punct erkenne und dafs er ihn auch seiner Gestalt nach unterscheide, wenn er einen Durchmesser von 3750 Fufs oder 0,16 Meile habe, und dieses zwar mit einer Vergröfserung von nur 210. Mit der Vergröfserung von 636 aber sah er durch dasselbe Fernrohr einen Gegenstand von 290 Fufs = 0,013 Meile als einen Punct und einen andern von 1240 Fufs = 0,054 Meile im Durchmesser schon seiner Form nach, ob er z. B. kreisrund oder elliptisch ist. Mit der 1000maligen Vergröfserung endlich sah er Gegenstände von 190 Fufs = 0,008 Meile als Puncte und von 790 Fufs = 0,035 Meile im Durchmesser schon ihrer Gestalt nach. Nun hat der Krater unseres Vesuvs 1790 Fufs = 0,079 Meile im Durchmesser und 5620 Fufs = 0,247 Meile im Umkreise, und er müfste daher, wenn er im Monde wäre, mit diesem Fernrohre schon sehr gut sichtbar seyn. Bemerken wir noch bei dieser Gelegenheit, dafs in den vielen Charten, die Schröter seinem Werke beigegeben hat, also auch in den drei Chärtchen Fig. 338, 339 und 340, die aus diesem Werke genommen sind, fünf englische Duodecimallinien oder der 24ste Theil eines englischen Fufses gleich 20 Raumsecunden, also jede englische Linie gleich 4 Secunden oder nahe gleich einer geogr. Meile ist.

Nachdem wir uns auf diese Art überzeugt haben, dafs man mit Hülfe unserer bessern Fernröhre solche Gegenstände, wie wir häufig auf der Erde haben, auch im Monde noch gut sehn können, wird es nicht mehr so auffallend seyn, wenn mehrere Beobachter auch dergleichen in der That im Monde gesehn haben wollen. Es hat sich in unsern Tagen die Meinung ausgebildet, als hätte nur einer der noch lebenden Astronomen diese Dinge, und zwar mehr mit den Augen der Einbildungskraft, als mit seinem Fernrohre, gesehn. Allein dieser Mann steht mit seinen Behauptungen, wenn sie auch manchen vielleicht etwas zu sehr ausgeschmückt oder ins Detail

---

1 Mit diesem Herschel'schen Fernrohre beobachtete Schröter den Mond die ersten Jahre; seine spätern Beobachtungen dieses Satelliten sind mit einem 13- und einem 27fufsigen Spiegelteleskop angestellt, welche beide Instrumente sich Schröter selbst verfertigt hatte.

fortgeführt erscheinen, keineswegs allein. Denn ohne hier von der Möglichkeit und selbst von der Wahrscheinlichkeit von lebenden Wesen zu sprechen, die den Mond bewohnen und jene Gegenstände mit Absicht zu einem gewissen Zwecke ausgeführt haben, eine Voraussetzung, welche schon oft genug von andern ausgesprochen worden ist, so handelt es sich hier nicht sowohl um Wahrscheinlichkeiten und Gründe *a priori*, sondern um eigentliche Beobachtungen, und da mufs vor allen andern Schröter selbst angeführt werden, der fleifsige, aufmerksame und, was hier nicht zu übersehn ist, der ruhig nüchterne Beobachter, der alles, was er in dem Monde, den er so viele Jahre hindurch mit unermüdlichem Eifer beobachtete, gesehn hatte, und so wie er es gesehn hatte, in sein Tagebuch eintrug, aus welchem eben das von ihm schon öfter angeführte Werk, wie es scheint, ohne weitere Zusätze und Ausschmückungen entstanden ist. In diesem Werke nun kann Schröter nicht umhin, an gar vielen Orten von solchen Gegenständen des Mondes zu sprechen, die er wiederholt und unter den mannigfaltigsten Verhältnissen betrachtet hat, und die ihm gleichsam die Meinung aufdrangen, dafs sie von lebenden Wesen mit Absicht und Ueberlegung errichtet seyn müfsten. So viele Stellen dieses Werkes sprechen von der Cultur einzelner Theile der Oberfläche des Mondes, von Strafsen, die einen Ort mit dem andern verbinden, von stadtähnlichen Versammlungsorten, selbst von gewissen Gewerben, deren Spuren man deutlich sehn könne, und was dergleichen mehr seyn mag. So hält er, um nur Einiges näher anzuführen, die kleinen Gegenstände, die nordöstlich von Marius in einen engen Raum zusammengeprefst erscheinen[1], für eine Mondstadt und die Canäle bei Hyginus, nördlich von Agrippa, scheinen ihm auf Kunststrafsen und Gewerbe der Seleniten zu deuten, da sie beim Aufgang der Sonne über ihnen, wo vielleicht diese Gewerbe wieder anfangen thätig zu werden, immer eine andere Gestalt annehmen. Die östlich von *Newton* liegenden, zerstreuten (scheinbaren) Berge, die man auch in unsern Charten Fig. 339 und 340 sieht, betrachtet er als Wohnplätze der Mondbürger. Ebenso deutet er die vielen kleinen Hügelchen, die in der Wallebene d ²Posidonius liegen. In

1 S. a. a. O. Th. II. Taf. LX. u. LXII.

der Nähe von Plato, Archimed und an vielen andern Orten findet er eine ganz andere Farbe des Bodens, als die von seinen Vorgängern angegebene, woraus er auf neuangelegte Waldungen oder auf eine veränderte Cultur des Bodens schliefst, und dergleichen mehr.

Noch mehrere und auffallendere Gegenstände dieser Art fand Gruithuisen, der eine grofse Anzahl von Stellen, die auf Cultur des Bodens deuten, von Strafsen und selbst von gröfseren Bauwerken im Monde gesehn hat[1]. Als ein höchst auffallendes Phänomen dieser Art führt er das Circellum an, welches sich im Nordost von Langrenus in dem Mare foecunditatis befindet und von welchem aus zwei wenig divergirende, helle, breite Streifen nach Osten gehn und wohl 20 Meilen lang sind. Schon der alte Cassini hat dieses sonderbare Gebilde deutlich abgezeichnet und Schröter hat es in sein Werk aufgenommen[2]. Gruithuisen ist der Meinung, dafs sich durch die Ansicht dieses Gebildes jeder leicht selbst von der Existenz künstlich angelegter Werke im Monde überzeugen werde. Das Merkwürdigste dieser Art aber, was er im Monde sah, ist ohne Zweifel der aus regulären Wällen bestehende Bau in dem Mondflecken Schröter. Gruithuisen sagt davon Folgendes. „Dieses ungewöhnliche Mondgebilde fällt jedem „geübten Auge mit dem ersten Blicke sogleich als Kunstwerk „auf. Man findet es unter 5° 30′ nördlicher Breite und 8° öst„licher Länge und es ist nur sichtbar, wenn es ganz an der „Lichtgrenze steht. Es hat von Ost nach West und von Nord „nach Süd, soweit daran die Kunst merklich ist, einen Durch„messer von 5 geogr. Meilen. Es befindet sich in einer der „dunkelsten Landschaften des Monds, ist selbst fast so dun„kel, als dessen Umgebung in Osten, und liegt in der Nähe „des Aequators, wo man eine grofse Fruchtbarkeit voraus„setzen darf. Das ganze Gebäude ist genau nach den Welt„gegenden angelegt, doch geht die Richtung der Seitenzüge „der Wälle nicht nach Ost oder West, sondern genau nach „Südost und Südwest, und diese bilden mit dem grofsen Stamm„walle Winkel von 45 Graden, also unter sich selbst Winkel

1 S. Nova acta Nat. Curios. T. X. P. II. Kastner's Archiv. Th. I. Gruithuisen Naturgeschichte des gestirnten Himmels. S. 188.

2 A. a. O. §. 688. Tab. LVI. h ζ.

„von 90 Graden und haben beiläufig eine Stellung, wie die „Rippen eines Erlen- oder Rosenblattes.“ Gruithuisen entdeckte diesen räthselhaften Gegenstand am 12. Julius 1822. Seine spätern Beobachtungen haben die constante Gestalt desselben bestätigt. Einige Jahre später entdeckte Dr. Schwabe[1] auch noch einige neue Aufsenwälle. Zuweilen fand Gruithuisen aber auch dieses Wallwerk von rauchartigen Nebelwolken so bedeckt, dafs nur Spuren einzelner Wälle übrig waren und das Ganze sich nur unförmlich darstellte. Er hatte übrigens noch mehrere ähnliche, wenn gleich nicht so auffallende Wallwerke im Monde gesehn[2], wie z. B. im Rheticus und im Grimaldi. Er ist der Ansicht, dafs die Bewohner des Mondes Troglodyten seyen, die wegen der Extreme der Temperatur auf der Oberfläche und wegen des Mangels an Luft und Wasser daselbst unter der Erde wohnen, worauf auch die oft in einen kleinen Raum zusammengedrängten vieler Circellchen, die regelmäfsigen Linien, welche die Reihen dieser Circellen bilden, und die so häufigen Rillen deuten sollen, die sich an mehrern Orten vereinigen und wieder trennen und immer von einem kleinen Krater zum andern laufen, u. s. f.

So lange das Fernrohr unbekannt war, war eine Charte des Monds so gut als unmöglich. Aber kaum war dieses wunderbare Instrument erfunden, als sich schon Galilei, Scheiner und Schirlaeus mit der nähern Betrachtung der Mondoberfläche beschäftigten. Dieselben Beobachter versuchten es auch, den Mond abzubilden, aber ihre Darstellung war noch sehr unvollkommen. Eine der ersten guten Charten des Monds scheint diejenige gewesen zu seyn, die ein gewisser Mellan im J. 1634 auf Anrathen Gassendi's und Peyresk's herausgab und deren Lemonnier[3] und Lalande[4] erwähnen. Man weifs aber nicht, wo sie hingekommen ist. Eine für ihre Zeit sehr vollkommene Arbeit ist die Mondcharte, die Hevel im Jahre 1640 mit seiner *Selenographia* herausgegeben hat. Sie ist mehr als ein Atlas des Mondes zu betrachten, da sie nebst

---

1 M. s. die Abbildungen in Kastner's Archiv. Th. I. u. X.

2 Abgebildet in Bode's astronom. Jahrb. 1828. und 1829.

3 Instit. astron. p. 141.

4 Astronomie. §. 3288.

der Generalcharte dieses Himmelskörpers noch 40 andere Charten enthält, in welchen der Mond in seinen verschiedenen Phasen dargestellt ist. Die Zeichnungen sind alle von Hevel selbst mit Sorgfalt und Geschicklichkeit ausgeführt.

Zu derselben Zeit mit Hevel beschäftigte sich auch Langrenus mit diesem Gegenstande, allein er kam damit nicht völlig zu Stande. Bald darauf, im Jahre 1651, gab Riccioli in seinem *Novum Almagestum* eine andere, eigentlich von Grimaldi gezeichnete Mondcharte, die zwar lange nicht so vollkommen war, als jene von Hevel, die aber durch ihre neue Bezeichnung der Flecken über jene, in Deutschland wenigstens, den Sieg davon trug. Hevel hatte nämlich die dunklern Flecken des Mondes für Meere und die helleren für festes Land gehalten und ihnen demgemäfs auch entsprechende Namen von den Meeren, Bergen, Wäldern u. s. w. unserer Erde gegeben. Riccioli aber gab ihnen, was sogleich allgemeinen Beifall erhielt, die Namen berühmter Mathematiker und Astronomen, wobei er auch seinen eigenen nicht vergafs. Eigentlich verwirrte er dadurch die Nomenclatur des Monds, da zwar die Deutschen und Franzosen ihm folgten, die Engländer aber bis auf unsere Zeiten die Hevel'schen Benennungen beibehalten haben.

So vorzüglich aber auch die Charten von Hevel für ihre Epoche seyn mochten, so liefsen sie doch noch gar manches zu wünschen übrig. Er hatte bei seinen Beobachtungen kein Mikrometer gebraucht und nur nach dem Augenmafse gezeichnet, was keine Genauigkeit gewähren konnte. Auch vergröfserte sein Fernrohr nur etwa 30mal, so dafs ihm kleinere Gegenstände und die Begrenzung aller gröfstentheils entgehn mufsten.

Im Jahre 1680 erschien die grofse und schöne Mondcharte des Dominicus Cassini. Dieser Atlas enthielt eine Generalcharte des Monds von 20 Zoll Durchmesser und überdiefs eine grofse Anzahl Specialcharten, für die einzelnen Phasen dieses Gestirns für jeden Tag des synodischen Monats. Diese grofse Arbeit begann im J. 1673; Patigni war der geschickte Zeichner Cassini's und der letzte bediente sich dazu des Fernrohrs von 34 Fufs Focallänge, welches noch auf der königl. Sternwarte zu Paris aufbewahrt wird. Die edle Freigebigkeit des grofsen Colbert machte die Ausführung dieser grofsen Arbeit

möglich. Aber auch dieser Atlas ist, selbst in Frankreich, äufserst selten geworden. Der letzte Cassini, Vorsteher der Pariser Sternwarte zur Zeit der Revolution, zeigte dem Lalande noch 34 Zeichnungen dieser Phasen, im grofsen Mafsstab mit Crayon ausgeführt. Derselbe Lalande machte daher den Astronomen seiner Zeit ein angenehmes Geschenk, indem er wenigstens die Generalcharte Cassini's, obschon im verkleinerten Mafsstabe, wieder auflegen liefs[1]. Sie stellt den Mond zur Zeit seines vollen Lichtes in der That recht gut dar. Cassini bestimmte auch zugleich die oben erwähnten *Librationen* des Monds, die Hevel nur eben erst erkannt, aber in seiner Charte nicht angewendet hatte.

Die bereits früher angeführte Gleichheit der Revolution und der Rotation des Monds giebt nämlich den Astronomen, die uns eine getreue Abbildung von der Lage der Flecken des Mondes geben wollen, einen gleichsam von der Natur selbst dargebotenen, allgemeinen Meridian an die Hand, der für jede gegebene Zeit leicht aufzufinden ist und der sonach der Selenographie einen Vortheil gewährt, welchen die Geographie oder die Beschreibung unserer Erde entbehren mufs. Dieser allgemeine Meridian ist derjenige, der durch die beiden Pole des Monds und durch den Endpunct der grofsen Axe geht, die immer sehr nahe gegen den Mittelpunct der Erde gerichtet ist. Obschon dieser Endpunct sich durch keinen eigentlichen Flecken auszeichnet, so kann man doch die Lage desselben für jeden Augenblick leicht bestimmen, wenn man nur bedenkt, dafs er mit der mittlern Knotenlinie der Mondbahn zusammenfällt zu einer Zeit, wo diese Knotenlinie selbst mit dem mittlern Orte des Monds coincidirt. Durch dieses Mittel war man in den Stand gesetzt, die Lage der vorzüglichsten Flecken auf der Oberfläche des Mondes mit grofser Genauigkeit zu bestimmen.

Und dieses war es, was zuerst Tob. Mayer ausgeführt hat, denn alle frühern Darstellungen des Monds konnten wohl ein getreues Bild des Umfangs, aber nicht der Stellung der Flecken gegen den Rand des Mondes geben. Dieses scheint auch noch der Fehler der gröfsten Karte gewesen zu seyn,

1 Sie erschien zu Paris im J. 1787 und findet sich auch in den Mém. de Paris. 1692, auch ist sie jährlich von 1701 bis 1772 in der Connoissance des temps abgedruckt worden, von wo sie in viele andere Bücher übergegangen ist.

die wohl jemals unternommen wurde, denn sie hatte volle zwölf Fufs im Durchmesser und LAHIRE hatte an ihr viele Jahre gearbeitet. LALANDE[1] erzählt, wohin sie gekommen zu seyn scheint, denn jetzt hat man nichts mehr von ihr, als die verkleinerte Copie in LAHIRE's Planetentafeln. TOB. MAYER aber, der sich auch mit der Verfertigung eines grofsen Mondglobus beschäftigte, bestimmte zuerst die Librationen des Mondes mit gröfserer Genauigkeit, als seine Vorgänger, und bestimmte dann durch zweijährige Beobachtungen in den Jahren 1748 und 49 die wahre selenocentrische Länge und Breite der Mondflecken, wodurch er der Sache zuerst eine wissenschaftliche Gestalt gab. Die auf diese Beobachtungen gegründete und von ihm verfertigte Mondcharte von 7½ Zoll Durchmesser war die beste von allen, die bis dahin erschienen waren. Ein zu früher Tod hinderte den trefflichen Mann an der Herausgabe dieser Arbeit, die erst später durch LICHTENBERG[2] dem Publicum bekannt wurde.

Auch LAMBERT[3] gab später eine ähnliche auf eigene Beobachtungen gegründete Mondcharte heraus. Allein auch damit war einem grofsen Bedürfnisse noch nicht begegnet, denn immer hatte man bisher nur allgemeine Abbildungen des Mondes im Grofsen erhalten, während an eine durchgeführte specielle Darstellung aller einzelnen Theile im gröfseren Mafsstabe und an Untersuchungen über die physische Beschaffenheit des Monds nicht weiter gedacht wurde. Dieses war es nun, was J. H. SCHRÖTER in den oft erwähnten zwei Bänden seiner selenotopogr. Fragmente mit grofser Genauigkeit und wahrhaft deutschem Fleifse ausgeführt hat.

In den neuesten Zeiten endlich haben LOHRMANN in Dresden und nebst ihm MAEDLER und BEER in Berlin eine ausgedehnte und höchst schätzbare Darstellung des Monds zu geben angefangen, welche nicht nur die selenocentrische Lage, sondern auch die Gestalt der Mondflecken mit einer bisher unübertroffenen Genauigkeit darstellt. Von LOHRMANN's Selenographie ist bereits ein Band, von MAEDLER und BEER aber sind vor Kurzem drei Viertheile der Oberfläche des Mondes

---

1 Astronomie §. 3291.

2 Tob. Mayer Opera inedita. Gott. 1775.

3 Berliner Ephemeriden für 1775.

in einer trefflichen Charte erschienen. Beide Arbeiten machen die Fortsetzung und glückliche Beendigung derselben zu dem gemeinsamen Wunsch der Astronomen.

Fig. 337. Die beigelegte Generalcharte des Monds giebt die ausgezeichnetsten Flecken des Monds mit ihren Namen. Zu ihrer Ergänzung folgt hier ein alphabetisches Verzeichniſs aller vorzüglichen Flecken mit ihrer selenocentrischen Lage. Es ist auffallend, daſs man bisher noch so wenige Verzeichnisse dieser Art gegeben hat, da sie doch dem Astronomen ebenso nothwendig sind, wie dem Geographen die Kataloge der geographischen Längen und Breiten der Orte der Erde. Ein älteres Verzeichniſs dieser Art findet man in den Tables de Berlin Vol. I. p. 17. und in den oben erwähnten Oper. inedit. des T. Mayer, aber beide sind sehr unvollständig und auch nicht ohne viele Fehler in den Positionen der Flecken. In dem folgenden Verzeichnisse sind die östlichen selenocentrischen Längen und die südlichen Breiten negativ oder mit dem Zeichen — angegeben. Bei groſsen Flecken, wie bei den Meeren, ist die Mitte zu verstehn. Die beigelegte Charte endlich zeigt den Mond in einer verkehrten Lage, so daſs Süd oben und West links erscheint, wie dieses mit dem Monde selbst der Fall ist, wenn man ihn durch ein astronomisches Fernrohr betrachtet, durch welches bekanntlich alle Gegenstände verkehrt dargestellt werden.

Namen	Länge	Breite
Abulfeda . . .	12°,5	—13°,5
Acherusia . . .	21,5	16,25
Agatharchides .	—30	— 9
Agrippa . . .	11	4
d'Alembert . .	östl. von Grimaldi und Riccioli	
Albategnius . .	4	—12
Alfragan . . .	18,5	—5,5
Alhazen . . .	7	17
Aliacensis . . .	4	—30
Alpen	—2	50
Alpetragius . .	— 5	—16
Alphonsus . .	—2,5	—12,5
Anaxagoras . .	— 4	73
Anaximander . .	nördl. von Horrebow	

Namen	Länge	Breite
Anaximenes . .	— 40	72
Apenninen . .	westl. an Aratus, Conon und Huyghens	
Apianus . . .	6	— 26
Apollonius . .	59	4,5
Arago	22	6,5
Aratus	4,5	23,5
Archimedes . .	— 4	30
Archytas . . .	zwischen Aristoteles und Timäus	
Aridaeus . . .	17	4,5
Aristarch . . .	— 47	23
Aristill . . .	1	34
Aristoteles . .	17	51
Arnold	38	67
Arzachel . . .	— 3	— 17
Atlas	43	46
Autolycus . . .	1,5	30,5
Azout	62	11
Bailly	29,5	49,5
Barrow . . .	7,5	71,5
Bayer	— 34,5	— 52
Bernoulli . . .	59	34,5
Berosus . . .	67	34
Berzelius . . .	50,5	37
Bessarion . . .	— 37,5	14
Bessel	17,5	22
Bettinus . . .	— 41	—63
Bianchius . . .	— 34	48
Billy	westlich von Sirsalis	
Blancanus . . .	—21	—63
Blanchinus . .	NW. bei Werner	
Bode	— 2,5	7
Bonpland . . .	—17,5	— 8
Boscovich . .	11	9,5
Bouguer . . .	— 36	52,5
Bouvard . . .	— 80	—38
Bradley . . .	0,5	23
Briggs	—67,5	27
Bürg	27,5	45
Bulliald . . .	— 22	—21
Burckhardt . . .	53	30

Namen	Länge	Breite
Byrgius	—63	—24,5
Cäsar	15	9
la Caille . . .	W. an Purloch	
Calippus . . .	10,5	38,5
Campanus . .	—27,5	—27,5
Capella . . .	36	— 7,5
Capuanus . . .	— 26,5	—33,5
Cardanus . . ,	— 72,5	14
Carlini	— 24	30,5
Casatus . . .	— 35	— 75
Cassini, Dom. .	— 4	40
Cassini, Johann	Thal. W. von Epigenes u. Lexell.	
Catharina . . .	23,5	— 17
Cavaleri . . .	— 67	5,5
Cavendish . .	— 53	— 24
Censorinus . .	33	— 0,5
Cepheus aust. .	46	41
Cepheus bor. . .	48	41
Cichus	Südl. von Kies	
Clavius . . .	— 15	— 58
Cleomedes . .	56	27,5
Cleostratus . .	— 77	60
la Condamine .	—27,5	53
Condorcet . .	68	12,5
Conon	2	22
Copernicus . .	— 20	9
Cordilleras . .	— 72	— 13
Curtius . . .	SW. an Moretus	
Cychus . . .	—20,5	—33,5
Cysatus . . .	— 7,5	— 66
Damoiseau . .	—59,5	— 5,5
Davy	— 9	— 11
Delambre . . .	18	— 2
Delisle . . .	— 35	30
Deluc	— 3,5	— 55
Democritus . .	33,5	62
Desplaces . . .	Randausschnitt. S. an Grimaldi.	
Dionysius . . .	17,5	3
Diophantus . .	— 34	27,5

Namen	Länge	Breite
Dörfel	S. an Kircher	
Dollond	— 16	— 9,5
Dominic Maria	— 16	7
Doppelmayer	— 42	— 28
Drebbel	— 48	— 41
Egede	9	48
Eichstädt	— 77	— 23
Eimmart	65	23,5
Encke	— 37	3,5
Endymion	55	53
Epigenes	— 5	68,5
Eratosthenes	— 12	14
Euclides	— 29	— 7,5
Euctemon	32	72
Eudox	16	44
Euler	— 29	23
Fernel	3,5	—33,5
Feronce	— 7	— 70
Firmicus	62,5	8
Flamstead	— 44	— 4,5
Fontana	— 57	— 17
Fontenelle	— 17	61
Fourier	—53,5	— 30
Fracastor	32	— 22
Franklin	47	38,5
Furnerius	58	—35,5
Gärtner	34,5	59,5
Galilei	—62,5	10,5
Gallus	12	19
Gambart	— 15	1
Gassendi	— 40	— 17
Gauricus	—14,5	—33,5
Gaufs	75	37
Gay-Lussac	—20,5	14,5
Geminus	56	34
le Gentil	zwisch. Bailly u. Casutus	
Gerard	— 78	44
Gioia	2	48
Goclenius	45	— 9,5
Godin	10	2
Grimaldi	— 67	— 5,5

Namen	Länge	Breite
Gruemberger . .	— 12,5	— 67
Guerike . . .	— 14	— 12
Hadley . . .	5,5	26
Hahn	71	32,5
Hansen . . .	72	14
Hansteen . . .	— 52	— 12
Harding . . .	— 71	43
Harpalus . . .	— 44	52,5
Hase	SW. von Petavius	
Hausen . . .	Oestl. an Bailly	
Heinsius . . .	— 18	— 39,5
Helicon . . .	— 23	40
Hell	— 8	— 32
Heraclides . .	— 34	41
Heraclides fals. .	— 25,5	46,5
Hercules . . .	38	46
Hercyn. Wald .	— 81	22
Hermann . . .	SSO. von Reiner	
Herodot . . .	— 49	22,5
Herschel . . .	— 2	— 5,5
Hesiod . . .	— 16	— 29
Hevel	— 68	2
Higinus . . .	6,5	8
Hippalus . . .	— 30	— 24,5
Hipparch . . .	5	— 6
la Hire . . .	NO. von Lambert	
Hook	54	41
Horrebow . . .	— 39	57,5
Hortensius . .	— 28	7
Humboldt . .	77	64,5
Huyghens . . .	— 4	20
Hypatia . . .	23,5	— 4
Jansen	28,5	13,5
Inghirami . . .	— 72	— 47,5
Isidor	34	— 8
de l'Isle . . .	SO. bei Euler	
Kästner . . .	S. bei Neper	
Kepler	— 37,5	7,5
Kies	— 22,5	— 27
Kirch	— 6	39
Kircher . . .	— 42,5	— 67,5

Namen	Länge	Breite
Klaproth . . .	— 27	— 70
Kraft	72	17
Krüger	— 66	— 17
Lacus mortis . .	28	48
Lacus somnior. .	35	35
Lagrange . . .	— 67	— 33
Lahire	— 25	27,5
Lalande . . .	— 9	— 4
Laplace . . .	—25,5	45,5
Lavoisier . . .	— 83	38
Lambert . . .	— 21	25,5
Landsberg . .	— 27	— 1
Langrenus . .	62,5	— 7,5
Lehmann . . .	— 55	— 39
Lemonnier . .	30,5	26,5
Leibnitz . . .	— 7	— 70
Letronne . . .	—42,5	—11,5
Lexell	— 5	70
Libanon . . .	bei Thebit	
Lichtenberg . .	— 67	32
Linnée	12	18
Littrow . . .	31,5	22
Lohrmann . . .	— 69	— 0,5
Longomontan .	— 22	— 50
Louville . . .	— 47	45
Lubinietzky . .	— 23	— 17,5
Macrobius . .	45,5	21
Maginus . . .	— 7	— 50,5
Mairan	— 44	42
Manilius . . .	9	14,5
Marco Polo . .	— 3	16
Maraldi . . .	35	19
Mare Crisium .	55	14
— Foecundit.	50	— 6
— Frigoris .	— 8	60
— Humorum	— 40	— 25
— Imbrium .	— 20	32
— Nectaris .	35	— 16
— Nubium .	— 15	— 18
— Serenitatis	20	25
— Tranquillitatis	30	5

Namen	Länge	Breite
Mare Vaporum .	5	12
Marius	—51,5	12
Martianus Capella	34	— 8
Maskelyne . .	29,5	2,5
Mason	30	42,5
Maupertuis . .	— 26	48
Maurolycus . .	13	—40,5
Mayer, Christ. .	17	64
Mayer, Tob. .	— 29	15,5
Menelaus . . .	16	16,5
Mercator . . .	— 26	— 29
Mercur. falsus .	76	35
—— verus .	65,5	45,5
Mersenne . . .	—47,5	—21,5
Messala . . .	58	39
Meton	17	72
Milichius . . .	— 30	10,5
Moestlin . . .	— 6	— 1
Montblanc . . .	zwisch. Newton u. Dom. Cassini	
Moretus . . .	— 7,5	— 70
Mylius	O. von Mersenne, S. von Grimald	
Nasireddin . .	— 1	— 0,5
Neper	78	10
Newton . . .	— 9	48
Oceanus Procellar.	— 30	— 2
Oenopides . .	— 62	56
Oersted . . .	46	42,5
Olbers	— 77	9
Oriani	75	26
Orontius . . .	— 5	— 40
Palitsch . . .	W. von Snellius, N. von Furner	
Pallas	— 2	6
Palus Nebular. .	3	37
— Putredinis .	4	31
— Somnii . .	42	13
Parry	— 16	— 7,5
Petavius . . .	57,5	—25,5
Philolaus . . .	— 28	70
Phocylides . .	— 55	— 55

Namen	Länge	Breite
Piazzi	— 66	— 34,5
Picard	54	14
Piccolomini . .	30,5	— 28
Pico	— 9	46
Pictet	— 7	— 42,5
Pingré	— 55	— 46
Pilatus	— 14	— 29
Plana	27,5	48,5
Plato	— 9	51
Plinius . . .	23,5	15,5
Plutarch . . .	75	27
Posidonius . .	29,5	32
Proclus . . .	47	16,5
Ptolemäus . . .	— 3	— 9
Purbach . . .	— 5	— 26
Pythagoras . .	— 60	63
Pytheas . . .	— 20,5	20,5
Ramsden . . .	— 32	— 32,5
Regiomontan . .	— 1	— 28
Reiner	— 55	7
Reinhold . . .	— 22,5	3
Repsold . . .	— 74	51
Rheticus . . .	— 17,5	4
Riccioli . . .	— 75	— 2
Riphäus . . .	— 27	— 7
Ritter	19	2
Rocca	— 72	— 12,5
Römer	36	25,5
Rook	O. von Mersenne, S. v. Grimaldi	
Ross	22	12
Rost	— 31	— 56,5
Sabine	20,5	2
Sasserides . . .	zw. Tycho u. Gauricus	
Saussure . . .	— 4	— 44
Sharp	— 41	45
Scheiner . . .	— 26	— 60
Schickard . . .	— 55	— 44
Schiller . . .	— 39	— 51
Schröter . . .	— 10	5,5
Scoresby . . .	12,5	77

Namen	Länge	Breite.
Schumacher . .	59,5	42
Schubert . . .	79	2,5
Segner	— 45	— 58
Sömmerring . .	— 8	0,5
Seleucus . . .	— 66	21,5
Seneca	77	28
Short	— 10	— 75
Silberschlag . .	12,5	6,5
Sinus epidemiarum	— 30	— 24
— iridum . .	— 32	44
— roris . .	— 42	53
— aestuum .	— 9	5
Sirsalis . . .	— 60,5	— 13
Smith	SO. von Tycho	
Snellius . . .	53,5	— 33,5
Sosigenes . . .	17,5	8,5
Stadius . . .	— 14	10
Stevin	56,5	— 29,5
Stoeffler . . .	6	— 40
Street	— 11	— 46
Struve . . .	64	43
Sulpicius Gallus	11,5	20,5
Taquet	19	16
Taruntius . . .	47	5
Terra pruinae .	Zwischen Maupert und Condamine	
— siccitatis .	N. von Horrebow u. Harpalus	
— sterilitatis .	O. von Schickard und Pingré	
Thales	49,5	62
Theaetetus . .	6	37
Thebit	— 5	— 22
Theophilus . .	26,5	— 11
Theon junior .	14,5	— 2,5
— senior . .	15,5	— 0,5
Timaeus . . .	— 1	62
Timocharis . .	— 13,5	27
Tralles	52	28
Triesnecker . .	3,5	4
Tycho	— 12,5	— 42,5
Uckert	1,5	7,5

Namen	Länge	Breite
Ulloa	W. von Thales	
Ulugh Beigh . .	— 85	32,5
Vendelin . . .	62	— 16,5
Vieta	— 56	— 28,5
Vitello	— 37	— 30
Vitruv	31	18
Walther . . .	— 0,5	— 32
Wargentin . .	— 60	— 48,5
Weigel . . .	— 37,5	— 58
Werner . . .	4	— 28
Wilhelm v. Hessen	— 20	— 45
Wilson . . .	— 39	— 70
Wing	NO. von Tycho	
Wollaston . .	— 47	30,5
Wolff	— 8	16
Wurzelbauer . .	— 16	— 33,5
Xenophanes . .	— 77	57,5
Zuchius . . .	— 47,5	— 62

L.

Monde der übrigen Planeten s. Nebenplaneten.

Mondfinsternifs[1].

Eclipsis lunae; Éclipse de la lune; *Eclipse of the Moon.*

Eine Mondfinsternifs kann nur zur Zeit des Vollmonds statt haben, allein nicht bei jedem Vollmonde findet eine Fin-

1 Da in dem Art. Finsternifs Bd. IV. S. 251 ff. dieser interessante Gegenstand nur oberflächlich behandelt worden ist, so wird es nicht unangemessen erscheinen, das dort Versäumte hier nachzutragen und dadurch die ganze Theorie dieser Erscheinungen zu vervollständigen, wobei wir, um Wiederholungen zu vermeiden, das bereits dort Erwähnte hier als schon bekannt voraussetzen. Es handelt sich hier vorzüglich um die Berechnung einer solchen Finsternifs oder um die Vorherbestimmung derselben durch Rechnung, da diese es eigentlich ist, welche die Erscheinung einer Finsternifs für jeden an Nachdenken gewöhnten Menschen zu einem Gegenstande von hohem Inter-

sternifs statt. Nach dem bereits[1] Gesagten darf die Differenz der Länge des Monds und der Länge seines Knotens, zur Zeit des Vollmonds, nicht gröfser, als 9° 30′ seyn, wenn gewifs eine Finsternifs statt haben soll. Beträgt aber diese Differenz mehr als 12¼ Grad, so kann keine Finsternifs für diesen Vollmond statt haben. Ist sie endlich zwischen 9½ und 12¼ Grad, so kann wohl eine Finsternifs statt haben, aber sie kann auch ebenso gut nicht statt haben, und für diesen Fall mufs daher die Sache näher untersucht werden.

Nehmen wir also an, dafs zur Zeit eines gegebenen Vollmonds eine Mondfinsternifs gewifs statt habe, und suchen wir die Erscheinungen derselben, wie sie von der Oberfläche der Erde gesehn wird. Diese Erscheinungen sind: der *Anfang* und das *Ende* der *partiellen* und der *totalen* Finsternifs, zwischen welchen beiden die *Mitte* der Finsternifs fällt, ferner die *Gröfse* der Finsternifs und endlich derjenige Theil der Oberfläche der Erde, von welchem man diese Finsternifs sehn kann.

Zu diesem Zwecke suche man aus irgend einem guten Kalender (den sogenannten astronomischen Ephemeriden) oder auch unmittelbar aus den astronomischen Tafeln für die bereits gegebene Wiener Zeit des Vollmonds (d. h. der Opposition des Monds mit der Sonne) die Rectascension a, Declination d, die Horizontalparallaxe x und den scheinbaren Halbmesser m des Monds nebst den stündlichen Aenderungen ∂a und ∂d der beiden ersten Gröfsen. Für die Sonne wollen wir dieselben Gröfsen durch α, δ, ξ und μ bezeichnen. Wollte man, statt des Aequators, die Ekliptik der Rechnung zum Grunde legen, so bezeichnet a und α die Länge des Monds und der Sonne, d die Breite des Monds zur Zeit des Vollmonds, und die Breite δ der Sonne ist gleich Null, da die Sonne stets in der Ebene der Ekliptik ist. Es
Fig. 845. sey dann b p d derjenige Schnitt des Schattenkegels der Erde, welcher durch eine Ebene entsteht, die durch den Mittelpunct

---

esse macht. Diese Berechnung ist aber jetzt, nachdem so viele vorzügliche Geometer sich damit beschäftigt haben, so einfach und leicht verständlich geworden, dafs sie in einem Werke dieser Art, wenn man auch nur den gröfsern Theil seiner Leser berücksichtigen wollte, nicht mehr fehlen darf.

1 S. Art. *Finsternifs*. Bd. IV. S. 254.

des Monds senkrecht auf die Axe dieses Schattenkegels gelegt wird, und sey NA eine mit dem Aequator parallele Linie, so wie NBCD diejenige Linie, in welcher der Mittelpunct B, C, D des Monds während der Finsternifs einhergeht. Aus dem Mittelpuncte A des Schattenschnitts ziehe man die Linie AL senkrecht auf AN und die Linie AC senkrecht auf die Mondbahn ND. Wenn der Mittelpunct des Monds in den Punct L kommt, so steht er senkrecht über dem Puncte A und dieses ist daher der Augenblick des Vollmonds. Wenn aber der Mittelpunct des Monds in dem Puncte C ist, so ist er hier dem Mittelpuncte A des Schattens am nächsten, und dieses ist daher der Augenblick, wo der Mond am tiefsten in den Erdschatten geht, oder der Augenblick der *Mitte* der Finsternifs. Kommt ferner der Mittelpunct des Monds nach B oder später noch nach D, wo nämlich sein Rand den des Schattenschnitts bei b oder d auf der äufsern Seite des letztern berührt, so ist dieses der Augenblick des Anfangs (in b) oder des Endes (in d) der partiellen Finsternifs. Senkt sich endlich der Mond so tief in den Erdschatten ein, dafs er von demselben gänzlich verdunkelt wird, so ist die Finsternifs auch total und der Anfang oder das Ende dieser totalen Finsternifs wird dann statt haben, wenn der Mondrand den des Erdschattens auf der *innern* Seite des letztern berührt. Der blofse Anblick der Figur zeigt schon, dafs für den Anfang und für das Ende der partiellen Finsternifs die Distanz der Mittelpuncte A und B des Erdschattens und des Mondes gleich der Summe und für den Anfang und das Ende der totalen Finsternifs gleich der Differenz des Halbmessers des Schattens und des Mondes ist.

Hiernach ist es sehr leicht, die Wahrheit der folgenden einfachen Ausdrücke zu erkennen.

Nennt man R den Halbmesser $Ab = Ap$ des Schattenschnitts und $AC = e$ die kürzeste Distanz der Mondbahn von dem Mittelpuncte A des Schattens, so wie $ANC = n$ die Neigung der Mondbahn gegen den Aequator, so hat man

$$R = x + \xi - \mu,$$

$$\text{Tang. } n = \frac{\partial d - \partial \delta}{\partial a - \partial \alpha} \cdot \frac{1}{\text{Cos. } \delta},$$

$$e = (d - \delta) \text{ Cos. } n.$$

Da aber $\partial d - \partial \delta$ die relative stündliche Bewegung des Monds in Declination ist (relativ, wenn man nämlich den Mittelpunct

A des Schattens als ruhend annimmt), so bezeichnet $\frac{\partial d - \partial \delta}{\text{Sin. n}}$ die stündliche relative Bewegung des Monds in seiner Bahn, und man wird daher die Zeit erhalten, die der Mond gebraucht, irgend einen Bogen seiner Bahn zurückzulegen, wenn man diesen Bogen durch die Gröfse

$$h = \frac{\text{Sin. n}}{\partial d - \partial \delta}$$

multiplicirt. Nachdem man auf diese Weise zur Kenntnifs der Werthe von R, n, e und h gekommen ist, wird es sehr leicht seyn, die oben gegebenen, alle Umstände der Finsternifs umfassenden Fragen durch einige wenige analytische Ausdrücke zu beantworten. Ist nämlich t die bekannte Zeit des Vollmonds, so findet man daraus sofort die Zeit Θ der Mitte der Finsternifs, in Stunden und Theilen von Stunden ausgedrückt, durch die Formel

$$\Theta = t + (d - \delta)\, h\, \text{Sin. n},$$

wo, wie zuvor, d und δ die Declination des Monds und der Sonne zur Zeit des Vollmonds bezeichnet. Kennt man aber Θ, so ist die Zeit T, in welcher eben N Zoll des Monds verfinstert sind,

$$T = \Theta + h\, e\ \text{Tang. U},$$

$$\text{wenn Cos. U} = \frac{e}{R + \left(1 - \frac{N}{6}\right) m} \quad \text{ist,}$$

vorausgesetzt dafs man, der alten Weise gemäfs, den Durchmesser des Monds in 12 gleiche Theile theilt, die man Zolle nennt. Demnach hat man also für den Anfang und das Ende der partiellen Finsternifs $N = 0$, für den Anfang und das Ende der totalen Finsternifs $N = 12$, für den Ein- und Austritt des Mittelpuncts des Monds in den Schatten $N = 6$ u. s. w. Endlich ist die gröfste Verfinsterung des Monds oder der Theil pc seines Durchmessers gleich $R + m - e$ oder in Zollen ausgedrückt gleich $\frac{6}{m}(R + m - e)$ Zoll.

I. Ganz dieselben Ausdrücke wird man auch mit einigen Modificationen anwenden, um die Erscheinungen einer *Sonnenfinsternifs* für die Erde überhaupt zu finden. Bezeichnen nämlich wieder a, d und α, δ die Rectascension und De-

clination des Monds und der Sonne für den Augenblick des *Neumonds* und behält man für die Gröfsen m, x, μ, ξ und ∂a, ∂d.. die vorige Bezeichnung bei, so hat man wieder

$$\text{Tang. n} = \frac{\partial \text{d} - \partial \delta}{\partial \text{a} - \partial \alpha} \cdot \frac{1}{\text{Cos. } \delta},$$

$$\text{e} = (\text{d} - \delta) \text{ Cos. n und}$$

$$\text{h} = \frac{\text{Sin. n}}{\partial \text{d} - \partial \delta}.$$

Mit diesen Gröfsen findet man sofort die Zeit Θ der Mitte der Sonnenfinsternifs

$$\Theta = \text{t} + (\text{d} - \delta) \text{ h Sin. n}$$

und endlich die Zeit T, wo die Sonne um N Zoll verfinstert erscheint,

$$\text{T} = \Theta + \text{h e Tang. U}$$

$$\text{und U} = \frac{\text{e}}{\text{m} + (1 - \frac{\text{N}}{6}) \mu + \text{x} - \xi},$$

wo wieder der Halbmesser der Sonne in sechs gleiche Theile, die man Zolle nennt, getheilt wird.

II. Anders verhält sich die Sache, wenn man die Erscheinung einer Sonnenfinsternifs für irgend einen gegebenen Ort der Erdoberfläche sucht. Dann mufs nämlich auf die Parallaxe des Monds Rücksicht genommen werden, und wenn man die Aufgabe streng auflösen will, so sind einige umständliche Rechnungen unvermeidlich. Da aber bei diesen Vorausbestimmungen der Finsternifs gewöhnlich keine grofse Schärfe gefordert wird, so wird man auf eine oder zwei Minuten genau sich des folgenden Verfahrens mit Nutzen bedienen.

Man suche für eine dem Anfange der Finsternifs entsprechende, etwa bis auf eine halbe Stunde genau bekannte Ortszeit T die wahre Rectascension a und Declination d des Monds, so wie dieselben Gröfsen α und δ für die Sonne. Ist dann wieder x die Horizontalparallaxe des Monds, s der Stundenwinkel der Sonne für diese Zeit und φ die geographische Breite des Beobachtungsorts, so suche man A und D aus

$$\text{A} = (\text{a} - \alpha) \text{ Cos. } \delta - \text{x Cos. } \varphi \text{ Sin. s},$$

$$\text{D} = \text{d} - \delta - \text{x} \frac{\text{Sin. } (\varphi - \omega)}{\text{Cos. } \omega} \text{ Cos. } \delta,$$

wo Tang. ω = Tang. δ Cos. s ist.

Ebenso seyen für die nahe bekannte Ortszeit T' des Endes der Finsterniſs dieselben beiden letzten Gröſsen A' und D' und endlich

$$f = \frac{A' - A}{T' - T} \text{ und } g = \frac{D' - D}{T' - T}.$$

Nennt man dann die verbesserte Ortszeit des Anfangs T + t, so findet man diese Correction t aus der Gleichung

$$(m \pm \mu)^2 = (A + ft)^2 + (D + gt)^2,$$

und ist ebenso T' + t' die verbesserte Ortszeit des Endes der Finsterniſs, so findet man diese zweite Correction t' durch die Gleichung

$$(m \pm \mu)^2 = (A' + ft')^2 + (D' + gt')^2,$$

wo man in beiden Gleichungen von den zwei Wurzeln t oder t' die kleinere nehmen wird, wenn man die erstgewählten Ortszeiten T und T' in der That schon der Wahrheit nahe genug genommen hat. Das obere Zeichen der Gröſse $(m \pm \mu)$ gehört übrigens für den Anfang und das Ende der partiellen und das untere für die totale Finsterniſs.

III. Für die schwerste der hierher gehörenden Aufgaben hält man gewöhnlich die Bestimmung des Weges, welchen während der ganzen Dauer einer Sonnenfinsterniſs jeder gegebene Punct des Mondschattens auf der Oberfläche der Erde zurücklegt. Allein auch dieses Problem hat man bereits auf einfache Formeln zurückgebracht, deren Beweise ebenso leicht sind, als die numerische Entwickelung derselben nur immer seyn kann. Hier wird es genügen, diese Formeln kurz angezeigt zu haben, da man die Gründe derselben bereits an einem andern Orte[1] findet.

Wenn man z. B. aus I bereits gefunden hat, daſs die Sonnenfinsterniſs für die Erde überhaupt anfängt und endet, wenn es in Wien 3 und 7 Uhr ist, so suche man für alle Viertelstunden zwischen diesen zwei Zeiten die Gröſsen y und z nach folgenden Gleichungen:

$$y = (a - \alpha) \text{Cos.} \delta \text{ und } z = d - \delta,$$

wo a, α die Rectascension und d, δ die Declination des Monds und der Sonne für diese Momente bezeichnen.

Ist nun Δ die scheinbare Distanz der Mittelpuncte beider Gestirne und n die (bereits aus I bekannte) Neigung der re-

1 Littrow's Vorlesungen über Astronomie. Th. I. S. 291.

lativen Mondbahn, so suche man Y und Z aus den beiden Gleichungen

$$Y = \frac{y + \Delta \text{Sin. n}}{x - \xi} \text{ und } Z = \frac{z - \Delta \text{Cos. n}}{x - \xi},$$

wo wieder x und ξ die Horizontalparallaxen des Monds und der Sonne sind. Dieses vorausgesetzt sey

$$\text{Tang.} \psi = \frac{\sqrt{1 - Y^2 - Z^2}}{Z},$$

so findet man die gesuchte geographische Breite φ und die wahre Ortszeit s desjenigen Orts der Erdoberfläche, der für die gegebene Wiener Zeit eine ebenfalls gegebene Distanz Δ der Mittelpuncte beider Gestirne als gröſste Phase sieht, durch die beiden einfachen Gleichungen

$$\text{Sin.} \varphi = Z \frac{\text{Cos.} (\delta - \psi)}{\text{Cos.} \psi} \text{ und Sin. s} = \frac{Y}{\text{Cos. } \varphi}.$$

Kennt man aber, für eine gegebene Wiener Zeit, auch die Ortszeit s irgend eines Puncts der Oberfläche der Erde, so ist dadurch auch die Differenz der geographischen Längen dieser zwei Orte gegeben, da diese nichts anders ist, als die Differenz jener beiden Zeiten.

Diese Ausdrücke enthalten die Antwort auf alle Fragen, die man über den Weg des Mondschattens auf der Oberfläche der Erde aufstellen kann. Setzt man nämlich in ihnen die Gröſse

$$\Delta = m + (1 - \frac{N}{6}) \mu,$$

so erhält man alle Orte der Erde, welche für eine gegebene Wiener Zeit eine Verfinsterung der Sonne von N Zoll sehn. Setzt man demnach z. B. N = 0, so erhält man nach und nach alle Orte der Erde, welche bloſs eine äuſsere Berührung der Ränder beider Gestirne und sonst nichts von der Finsternifs sehn, oder N = 0 giebt die äuſsersten Grenzen des ganzen Wegs des Mondschattens auf der Erde, und zwar die südliche oder nördliche Grenze, je nachdem man in den vorhergehenden Ausdrücken die Gröſse Δ, das heiſst die Gröſse $m + \mu$, positiv oder negativ nimmt. Setzt man N = 6 oder $\Delta = m$, so findet man ebenso die Orte, welche die Sonne halb verfinstert sehn; N = 12 oder $\Delta = m - \mu$ giebt diejenigen Orte, welche eine innere Berührung der Ränder,

$N = \frac{6}{\mu}(m + \mu)$ oder $\Delta = 0$ die, welche eine centrale Finsternifs sehn u. s. w., so dafs man also auf diese Weise alle die krummen Linien auf einem Erdglobus oder auf einer Planisphäre verzeichnen kann, welche blofs eine Berührung der Ränder, oder welche blofs eine Finsternifs von 1, 2, 3... Zoll sehn, wodurch daher alle Erscheinungen der Finsternifs dargestellt und gleichsam mit einem Blicke übersehn werden können.

L.

Monochord.

Dieser Apparat, dessen Name aus dem Griechischen (von *μόνος* einzig und *χορδὴ* die Saite) abstammt und daher in allen Sprachen gleich ist, besteht zunächst aus einer einzigen gespannten Saite und wird auch wohl *Sonometer*, besser aber *Tonometer* genannt, um nicht ein lateinisches Wort mit einem griechischen zu verbinden. Bei den Alten hiefs die einzige Saite dieses Tonmafses der *Kanon*.

In der einfachsten Gestalt besteht das Monochord aus einer einzigen, vermittelst zweier Wirbel a, a′ über zwei hölzerne Stege α, α′ gespannten Metall- oder Darmsaite, welche dadurch einen bessern Klang erhält, dafs der Kasten A A′ aus mäfsig dickem glattem Tannenholze besteht und mit einem dünnen Resonanzboden gedeckt ist. Man bedient sich dieses Apparates, um daran die transversalen Schwingungen der Saiten zu demonstriren und insbesondere zu zeigen, wie die an einem aliquoten Theile mit dem Finger leise berührte Saite an den von der berührten Stelle um die 1-, 2-,... nfachen gleichen Längen entfernten Puncten Schwingungsknoten erhält, woselbst kleine aufgelegte papierne Reiterchen ruhn, wenn die Saite zwischen dem Stege und der berührten Stelle gestrichen wird, statt dafs sie in der Mitte zwischen diesen Puncten herabgeschleudert werden. Der Resonanzboden dient dann ferner dazu, um zu zeigen, dafs er selbst durch die schwingende Saite in Schwingungen versetzt wird, und wenn diese hierzu nicht stark genug ist, so darf man nur eine etwas starke Glasröhre vertical auf den Resonanzboden aufstemmen und mit

Fig. 846.

einem wollenen Läppchen in longitudinale Schwingungen versetzen, um vermittelst aufgestreuten Sandes die Figuren der transversalen Schwingungen auf dem Resonanzboden zu erzeugen. Man kann auch endlich auf einen in der Mitte des Resonanzbodens aufgestellten kurzen Cylinder von Holz oder Kork eine etwa 2 bis 3 Zoll im Durchmesser haltende Scheibe von Holz oder Metall legen, auf dieser einen kurzen hölzernen Cylinder aufrichten und über demselben die Saite des Monochords spannen, um durch das Anstreichen derselben alle diese Theile in Schwingungen zu versetzen, die sich auf der Scheibe und zuweilen auch auf dem Resonanzboden durch Figuren des aufgestreuten Sandes sichtbar zeigen.

Eine zweite Bestimmung des Monochords ist, das Verhältnifs der Saitenlängen zu den Tonhöhen nachzuweisen. Die einfachste Construction für diesen Zweck erfordert zunächst nur eine Saite, die man auf kleine Stege herabdrückt, durch welche die Länge derselben zwischen den beiden Hauptstegen $\frac{4}{5}$-, $\frac{2}{3}$- und $\frac{1}{2}$mal genommen wird, um zu der Tonica der Saite die Tertie, Quinte und Octave zu erhalten. Sind diese Abtheilungen mathematisch genau und wird die Saite durch das Herabdrücken nicht stärker gespannt oder sonstig verändert, so erhält man mathematisch genaue, also vollkommen reine Intervalle; allein in der Ausübung ist es unmöglich, alle hierzu erforderliche Bedingungen ohne irgend einen Fehler zu erfüllen. Aus dieser Anwendung ist der Ausdruck *Kanon*, welchen Namen die Alten der gespannten Saite gaben, deren Ton als Regel oder Grundlage diente, zu erklären. Um die erzeugte Tertie und Quinte sofort mit dem Grundtone vergleichen zu können und zugleich um die Allgemeinheit der Gesetze, denen die Verhältnisse der Saitenlängen zu den erzeugten Tönen unterliegen, unmittelbar nachzuweisen, versieht man das Monochord, dessen ganze Länge dann etwa 4 Fufs beträgt, mit zwei Saiten, die auch von verschiedener Art und von ungleicher Dicke seyn können, um zu zeigen, dafs die durch die Länge der Saiten bedingten Tonhöhen nicht unter dem Einflusse ihrer Dicke stehn. Die Stege werden dann aus kleinen Galgen von Eisendraht gebildet, neben denen die durch das Niederdrücken der Saiten auf dieselben erzeugten Töne, als: kleine Terz $= \frac{5}{6}$, grofse Terz $= \frac{4}{5}$, Quinte $= \frac{2}{3}$ und Octave $= \frac{1}{2}$, auf den Resonanzboden geschrieben

sind. Eine Erweiterung erhält das Monochord, wenn man statt zwei Saiten deren vier gleiche oder an Dicke verschiedene aufzieht, die eine für die Tonica, die andern für die Tertie, Quinte und Octave. Bei jeder dieser gleichgestimmten Saiten sind dann die erforderlichen Längen auf dem Resonanzboden durch Linien bezeichnet, über welche kleine hölzerne Stege geschoben werden, um auf diese Weise den *harmonischen Dreiklang* mit willkürlicher Wahl der gleichgestimmten Saiten für jeden einzelnen dieser Töne zu haben. Will man die sämmtlichen Bedingungen, auf denen die Tonhöhen transversal schwingender Saiten beruhn, möglichst vereinigen, so richtet man das vier Saiten haltende Monochord so ein, daſs die Saiten am einen Ende durch einen eisernen Haken festgehalten werden, dann statt des Steges über eine kleine, etwa 1 Lin. dicke und um sehr feine Zapfen leicht drehbare horizontale Walze laufen, dann in der gehörigen Entfernung wieder über eine solche Walze, in einem kleinen Abstande hiervon über eine gleichfalls leicht drehbare Rolle, hinter welcher das andere Ende vermittelst verschiedener Gewichte straff gezogen wird. Bei dieser Einrichtung bleiben die vorher genannten Stege, um den Einfluſs der Saitenlängen darzuthun, und auſserdem kann man die Dicken und die Gewichte verändern, um deren Einfluſs auf die Tonhöhen oder Schwingungszahlen nachzuweisen.

Die beschriebene bisher gebräuchliche Construction des Monochords änderte E. G. Fischer[1] ab, um einen genau gearbeiteten Apparat zur Bestimmung der absoluten Schwingungsmengen der Töne zu erhalten, wobei es hauptsächlich auf eine scharfe Messung der Länge ankam. Deswegen durfte die durch ein gegebenes Gewicht zu spannende Saite nicht über eine Rolle gezogen werden, und auſserdem muſste ein genauer Maſsstab zum Messen ihrer Länge dienen. Sein Apparat be-
Fig. 847. stand aus einem dreieckigen Fuſsbrete AB von 2 Zoll Dicke und 21 Z. Seite auf Stellschrauben. In der Mitte erhob sich eine viereckige, inwendig hohle, hölzerne Säule CD, 6 Fuſs hoch, vorn 2,5, an den Seiten 4 Zoll breit, oben mit einem beweglichen Deckel. Dicht unter diesem befand sich zwischen EF eine Klemmschraube, aus zwei starken Stäbchen von

1 Berliner Denkschriften 1822. und 1823. S. 187.

Messing, die durch eine Schraube bei F stark zusammengepreſst werden konnte, um die Saite dazwischen fest zu halten. Parallel mit der Säule und vor ihrer Mitte war der (wegen bequemer Bearbeitung dreikantige) Messingstab m n an seinen Enden befestigt, mit einer seiner Flächen, worauf die Eintheilung befindlich war, dem Beobachter zugewandt. Die Scale enthielt bloſs Zollstriche, aber diese sehr fein und genau abgemessen. Am obern Ende der Scale befand sich eine etwa 0,4 Zoll vorstehende, vorn etwas abgeschrägte Elfenbeinplatte, deren auf diese Art gebildete scharfe Kante als oberer Steg diente und mit dem 0 der Scale zusammenfiel, der zweite, diesem ähnliche, aber auf der ganzen Scale bewegliche Steg ist bei K sichtbar. Er hatte bei l einen dicht auf der Scale liegenden, in 100 Theile getheilten messingnen Nonius von genau 1 Zoll Länge und so scharf getheilt, daſs vermittelst einer Loupe noch Tausendstel eines Zolles geschätzt werden konnten. Das runde Gewicht HI am Ende der Saite bestand aus 6 einzelnen Stücken, deren jedes 80 preuss. Loth wog und die sich an einander schrauben lieſsen. Die zum Gebrauche bestimmten Saiten wurden mit kleinen Gewichten beschwert an Häkchen vom Deckel herab im Innern der Säule aufgehangen. Vermittelst dieser Vorrichtung und nach der Formel

$$n = \frac{1}{L}\sqrt{\frac{2g\lambda P}{\gamma}},$$

worin n die Zahl der Schwingungen, L die Länge der Saite, P das spannende Gewicht, g der Fallraum in 1 Secunde, γ das Gewicht eines Stückes von der Länge λ bezeichnen, fand Fischer von 4 Stimmgabeln die *Zahl der einfachen Schwingungen*[1] des normalen a ($\bar{a}$) vom Theater zu Berlin = 874, von der *Grand Opéra* zu Paris = 862, vom *Théatre Feydeau* = 816, vom *Théatre Italien* = 848.

W. Weber[2] hat diese Construction des Monochords, welches er lieber *Tonmesser* oder *Tonwaage* genannt wissen will, weil es zuweilen mit mehrern Saiten bespannt wird, in einzelnen Theilen abgeändert und bei seinen akustischen Un-

---

1 Ausführlichere Untersuchungen über diese Bestimmungen findet man im Art. *Schall*, absolute Schwingungsmengen.

2 Poggendorff Ann. XV. 1.

tersuchungen vielfach gebraucht; er empfiehlt es sowohl den experimentirenden Physikern, als auch den Instrumentenmachern, hauptsächlich zur Erhaltung einer überall gleichen Stimmung und zur Ausmittelung der absoluten Vibrationsmengen der Töne, um die letzteren jederzeit wieder auffinden zu können. Inzwischen gesteht er selbst, daſs für die Stimmung die Gabel ungleich geeigneter sey, die neuesten Untersuchungen, namentlich von Scheibler, haben aber gezeigt, daſs die Vibrationsmengen der Töne ungleich genauer vermittelst der *Stöſse* aufgefunden werden, und hiermit fällt der Hauptzweck sehr genau gearbeiteter und daher auch kostbarer Monochorde weg, zugleich aber vereinigt sich auch Weber mit gewiſs allen wissenschaftlichen Akustikern in dem Wunsche, daſs doch endlich einmal eine überall gleiche Stimmung der Instrumente eingeführt werden möge, was durch die Wahl von 880 Vibrationen für das normale eingestrichene a (ā) und durch Anwendung der genauen, von Scheibler zu beziehenden Stimmgabeln sehr leicht geschehn könnte.

Fig. 848. Weber's Tonmesser besteht aus einer in der Mitte ausgeschnittenen Säule auf drei Füſsen mit Stellschrauben, vor welcher die anzuwendende Saite in verticaler Richtung ausgespannt wird. Zum Festhalten des Stückes der Saite von bestimmter Länge dienen die beiden Klemmen, bei denen man die eine Hälfte der andern vermittelst einer Schraube durch genau horizontale Bewegung nähert. Statt der Klemme wählte er später nach der Angabe Schaffrinsky's einen kleinen,
Fig. 849. bis zur Mitte eingeschnittenen Cylinder von Stahl, in dessen Einschnitt die Saite bis 0 geschoben wurde. Um die Mittheilung der Vibrationen an den Stahlcylinder und von diesem zunächst an die Klemme und demnächst an die Säule mög-
Fig. 850. lichst zu verhüten, wurde der Cylinder mit Blei umgeben, dann in einen Sandstein eingepaſst und dieser in der messingnen Klemme festgeklemmt. Diese Klemme war auf einem hölzernen Würfel befestigt, welcher in dem Einschnitte der Säule wie ein Schlitten aufwärts und abwärts glitt, zugleich aber mittelst einer Schraube einem über ihm befindlichen, gleichfalls in dem Einschnitte leicht verschiebbaren und durch Schrauben festzustellenden zweiten Würfel genähert werden konnte. Hiernach ging also die oben an der Säule befestigte Saite durch die beiden in willkürliche Abstände festzustellen-

den Klemmen, dann durch ein Loch, und wurde an einer zwischen den Füſsen des Instruments befindlichen Waagschale befestigt, welche zur Aufnahme der erforderlichen Gewichte diente. Beim Experimentiren wurde die Saite ungefähr mit der Hälfte des Gewichts ihrer Tragkraft belastet, nach dem Zuschrauben der obern Klemme wurde das Gewicht verdoppelt, dann die untere Klemme geschlossen, in einem genau gemessenen Abstande über derselben auf der Saite ein kleines Stückchen Messing befestigt, die Hälfte des Gewichts wieder weggenommen und nach dem Oeffnen der unteren Klemme dieser Abstand abermals gemessen, um die Ausdehnung der Saite durch die verschiedene Belastung und also das Gewicht eines Stückes derselben von gegebener Länge bei gegebener Spannung auszumitteln. Die Bestimmung dieser Gröſse hat Fischer bei seinen Versuchen übersehn, dessen Apparat übrigens dem hier beschriebenen an Genauigkeit und Bequemlichkeit wohl nicht nachsteht.

Das Monochord kann man auch benutzen zur Erzeugung und Prüfung der durch Helwag beachteten eigenthümlichen Töne, die von Chladni[1] *Klirrtöne* genannt worden sind. Sie werden erzeugt, wenn eine vibrirende Saite mit einem aliquoten Theile ihrer Länge gegen einen festen Körper schlägt, so daſs die Reihenfolge der hierdurch erzeugten Pulsus (wie bei der Sirene), für sich oder in Verbindung mit den Schwingungen der Saite, einen Ton erzeugt. Es ist auf jeden Fall schwierig, sie hörbar zu machen, weil die Saite zu leicht in ihren Schwingungen gestört wird und zur Ruhe kommt. Inzwischen läſst sich die Höhe der entstandenen Töne leicht aus der angegebenen allgemeinen Bestimmung ableiten. Chladni konnte nur drei solcher Töne hervorbringen, indem er unter die Saite einen Steg so stellte, daſs die Saite dessen obere Kante fast berührte. Bei verticalen Schwingungen der Saite wollte er dann eine tiefere Quinte gehört haben, welches er daraus ableitete, daſs die Hälfte der Saite pn eine halbe also $\frac{1}{4}$, die andere Hälfte gleichfalls $\frac{1}{4}$, beide Hälften dann bis zur Lage pnq (ohne Berührung des Steges) eine halbe, und bis zur Lage pmq abermals eine halbe Schwingung machen, Fig. 351

1 Akustik S. 74. §. 59. Traité d'Acoustique §. 42. Poggendorff Ann. VIII. 457.

so daſs die Summe $\frac{1}{4}+\frac{1}{4}+\frac{1}{2}+\frac{1}{2}=\frac{3}{2}$ Schwingungen betragen müſste. Hieraus ergiebt sich nach ihm das Verhältniſs $\frac{3}{2}$ zu 1, also in Beziehung auf den Ton $\frac{2}{3}:1$ oder die Quinte. Dieses könnte jedoch nur unter der Bedingung statt finden, wenn die halben Schwingungen der Hälfte der Saite so viele Zeit erforderten, als eine halbe Schwingung der ganzen Saite, was aber mit der Theorie nicht übereinstimmt. Wird dieses nicht angenommen, so vollendet die Saite $\frac{3}{2}$ Schwingungen in der nämlichen Zeit, worin sie sonst $\frac{2}{2}$ machen würde, und der Ton müſste dann eine Quinte höher seyn. NörrembERG[1] hat diesen Irrthum berichtigt und empfiehlt folgendes Verfahren. Man bezeichne die Mitte der Länge der D-Saite auf einer rein gestimmten Geige, stelle daselbst zwischen der D- und A-Saite ein vierkantiges hölzernes Stäbchen vertical so auf das Griffbret, daſs bei einer geringen Neigung dessen Ecke von der in starke horizontale Schwingungen versetzten D-Saite getroffen wird, so wird man einen deutlichen Klirrton hören, welcher mit der D-Saite die höhere Quarte und mit der eine Quinte tiefern G-Saite die Octave bildet. Die ganze Saite vollendet nämlich von ihrer gröſsten Ausweichung links bis zur Berührung des Steges eine halbe Schwingung und von hier an machte jede Hälfte bis zur gröſsten Ausweichung rechts gleichfalls eine halbe Schwingung. Auf dem Rückwege macht jede Hälfte der Saite eine halbe Schwingung, bis sie den Steg verläſst, und dann noch eine halbe, bis zu ihrer gröſsten Ausweichung links, die Schwingungszeit zwischen der gröſsten Ausweichung auf der einen Seite und der auf der andern ist also zusammengesetzt aus der Dauer einer halben Schwingung der ganzen Saite und der Dauer einer halben Schwingung der Hälfte, man hat also $\frac{1,5}{4}$ und $\frac{1,5}{4}=\frac{3}{4}$ der Zeit einer ganzen Schwingung, folglich $\frac{4}{3}$ der Tonhöhe oder die Quarte.

Mir will es nicht gelingen, den Klirrton deutlich wahrzunehmen, weil die Schwingungen bald zu doppelten der halben Saite übergehn, so daſs die Octave gehört wird, was auch Chladni meistens fand. Auſserdem giebt Letzterer an, daſs er noch einen undeutlichen Klirrton wahrnahm, wenn der Steg in $\frac{2}{5}$ der Saitenlänge untergesetzt wird, wobei der Ton das Verhältniſs $\frac{18}{12}$ zu 1 erhält, und wenn man ihn unter $\frac{1}{3}$ setzt,

1 Poggendorff Ann. IX. 488.

in welchem Falle die tiefere grofse None oder das Verhältniſs $\frac{4}{9}:1$ zum Vorschein kommen soll. Sonach ist merkwürdig, daſs dieser genaue Experimentator stets tiefere Töne als den eigenthümlichen Ton der Saite hörte.

M.

Morgen.

Morgengegend; *Oriens;* Orient; *Est.*

Diejenige Himmelsgegend, an welcher die Gestirne aufgehn. Sie steht dem Beobachter, wenn er sein Gesicht gen Süd wendet, zur linken Hand. Nach dieser vagen Erklärung des mehr im gemeinen Leben als in der Wissenschaft gebräuchlichen Wortes begreift der *Morgen* die ganze Hälfte des Horizonts, welche auf der Ostseite des Meridians zwischen Süd und Nord liegt. Schärfer bestimmt wird dieser Begriff im Art. *Morgenpunct.*

Ebenso unbestimmt ist die andere gemeine Bedeutung des Wortes Morgen, wo sich dasselbe nicht, wie zuvor, auf den Raum, sondern auf die Zeit bezieht, und zwar auf diejenige Zeit, um welche die Sonne aufgeht, selbst mehrere Stunden vor und nach dem eigentlichen Aufgange mit begriffen.

Es wäre hier und an so vielen andern Orten dieses Werkes Gelegenheit, über die Unbestimmtheit der Worte unserer und aller anderer Sprachen, so lange sie nicht in die Wissenschaft eingeführt sind, einige Bemerkungen mitzutheilen, die nur zu oft, selbst in manchen wissenschaftlichen Untersuchungen, nicht gehörig berücksichtigt werden. Ohne uns hier über diesen Gegenstand umständlich zu verbreiten, mag es genügen, nur im Allgemeinen auf seine grofse Wichtigkeit, für die individuelle Bildung des Geistes sowohl, als auch für die Förderung der Wissenschaft selbst, aufmerksam gemacht zu haben. Wenn wir die Erziehung der Kinder und die Bildung in höheren Unterrichtsanstalten so einrichten könnten, daſs jedem alles Undeutliche völlig verständlich wäre, so würde eine andere Welt entstehn und unsere Geschichte würde fortan von dieser Reformation ihre glänzendste Epoche zählen. Die meisten unter uns sehn, was sie zu sehn glauben, nur wie durch einen Nebel und diejenigen sind am wenigsten zu be-

neiden, die an diesen Nebel nicht einmal glauben wollen. Da aber hier weder Ort noch Zeit seyn mag, hierauf weiter einzugehn, so verweisen wir für das Weitere auf des jüngern Herschel prelim. Discourse on the study of natural philosophy (Lond. 1830) (ins Deutsche übersetzt Leipzig 1836. und Göttingen 1836.), wo sich auch noch manche andere, mit diesem Gegenstande nahe verwandte, treffliche Bemerkungen finden.

L.

Morgendämmerung s. Dämmerung.

Morgenpunct.

Ostpunct; *Oriens;* Orient, Levant; *Est;* ist derjenige Punct des Horizonts, welcher von dem Aequator auf derjenigen Seite des Himmels geschnitten wird, wo für uns die Gestirne aufgehn. Der Morgenpunct liegt daher genau in der Mitte zwischen dem Süd- und Nordpuncte und zwar auf der Ostseite des Horizonts. Ihm genau gegenüber ist der *Abend-* oder *Westpunct.* Im Anfange des Frühlings (am 21. März) und im Anfange des Herbstes (am 21. Sept.) geht die Sonne genau in diesen beiden Puncten auf und unter, weil sie zu diesen beiden Zeiten in der Ebene des Aequators ist, wo sie die Tage und Nächte auf der ganzen Erde von gleicher Länge macht, daher diese Orte des Horizonts auch die *Nachtgleichen* oder die *Aequinoctien* genannt werden.

L.

Morgenröthe, s. Abendröthe.

Morgenstern.

Phosphorus, Lucifer; Étoile du Matin; *Morning Star.*

So wird der Planet *Venus* zu der Zeit genannt, wo er vor der Sonne aufgeht und daher in den letzten Stunden der Nacht am östlichen Himmel sichtbar ist. Da er um diese Zeit westlich von der Sonne steht, also auch vor der Sonne untergeht, so ist er in den Abendstunden oder nach Sonnenun-

tergang unsichtbar. Wenn er aber, einige Zeit darauf, auf die Ostseite der Sonne tritt, so geht er nach der Sonne auf und ist daher Morgens unsichtbar, aber dafür geht er auch nach der Sonne unter und wird daher in den ersten Nachtstunden am abendlichen Himmel gesehn, wo er dann *Abendstern* genannt wird.

Da die nahe kreisförmige Bahn dieses Planeten kleiner als die Erdbahn ist, so müssen ihn die Bewohner der Erde immer nur in einer gewissen Nähe der Sonne sehen. Doch kann er sich von der Sonne bis auf 46½ Grad östlich oder westlich entfernen, daher er bis nahe vier Stunden vor dem Aufgange der Sonne als Morgenstern oder ebenso lange nach dem Untergange der Sonne als Abendstern am Himmel gesehn werden kann, wo er wegen seines hellen Lichtes alle andere Gestirne überstrahlt und auch dem gedankenlosesten Zuschauer auffällt.

Wegen dieses hellen Lichtes und wegen seiner schnellen Bewegung unter den übrigen fixen Gestirnen des Himmels wurde er unter allen Planeten von den Alten wahrscheinlich zuerst als ein solcher erkannt. Homer erwähnt ihn bereits, so wie Hesiod, und jener nennt ihn in der Ilias den schönsten, *κάλλιστος*.

„Hell wie der Stern vorstrahlet in dämmernder Stunde des Melkens,
„Hesperos, der der schönste erscheint von den Sternen des Himmels."

Pythagoras soll der Erste gewesen seyn, der erkannt hat, dafs der Morgen- und Abendstern ein und derselbe Planet ist, der nur, nach seiner östlichen oder westlichen Stellung gegen die Sonne, dort Abends und hier Morgens am nächtlichen Himmel sichtbar ist.

Da übrigens die Bahn *Mercurs*, des der Sonne nächsten Planeten, ebenfalls von der Erdbahn eingeschlossen wird, so mufs auch er, so wie Venus, bald als Morgen- und bald als Abendstern erscheinen, so dafs dieser Doppelname eigentlich beiden Planeten, Venus und Mercur, mit gleichem Rechte zukommt. Allein da die Entfernungen Mercurs von der Sonne viel geringer sind, als die der Venus, und nur auf 23 Grade gehn, so ist er nur eine viel kürzere Zeit Morgens vor oder Abends nach der Sonne sichtbar, und da er überdiefs wegen der grofsen Nähe der Sonne in seinem Lichte so geschwächt

wird, dafs man ihn nur unter den günstigsten Umständen mit freien Augen sehn kann, so sind jene Ehrenbenennungen der Venus allein vorbehalten geblieben.

L.

Morgenweite.

Amplitudo ortiva; Amplitude ortive ou orientale; *Eastern amplitude.*

So heifst der Abstand desjenigen Puncts des Horizonts, in welchem ein Gestirn aufgeht, von dem wahren Morgenpuncte. Jedes Gestirn hat demnach seine Morgenweite; die Sonne und die Planeten haben eine veränderliche Morgenweite. Wenn die Sonne, zur Zeit der Nachtgleichen, im Aequator ist, so ist ihre Morgenweite gleich Null, da sie dann im wahren Morgenpuncte aufgeht. Ebenso heifst die Entfernung des Punctes des Horizonts, in welchem ein Gestirn untergeht, von dem wahren Abendpuncte die *Abendweite*[1] des Gestirns. Beide Weiten werden durch dieselbe Formel, die schon im Artikel *Abendweite* gegeben worden ist, berechnet, so wie auch die dort mitgetheilte Tafel für beide Weiten gilt. Die Sammlung astron. Tafeln, Berlin 1776, enthält ausführliche Tabellen, welche die Morgen- und Abendweite für alle Gestirne und für alle Polhöhen geben.

Man kann noch bemerken, dafs die im Art. *Abendweite* gegebene Formel nur genähert ist, indem sie auf die Refraction und auf die Aenderung der Declination des Gestirns keine Rücksicht nimmt. Da sich die Seefahrer der Morgen- oder Abendweite der Sonne zur Bestimmung der Abweichung der Magnetnadel bedienen, so lohnt es die kleine Mühe, jene Correction hier nachzutragen.

Nennt man also Θ diese Morgen- oder Abendweite, φ die Polhöhe des Beobachtungsortes und endlich δ die Declination der Sonne am Mittage des gegebenen Tags, so hat man

$$\text{Sin.}\,\Theta = \frac{\text{Sin.}\,\delta}{\text{Cos.}\,\varphi}.$$

---

1 S. Art. *Abendweite*. Bd. I. S. 14.

Ist aber, um den Werth von Θ genauer zu finden, r die Horizontalrefraction weniger der Horizontalparallaxe des Gestirns und ist $\partial\delta$ die tägliche Aenderung der Declination desselben und endlich ϱ die Zeit vom Mittage bis zum Auf- oder Untergange, in Stunden und Theilen von Stunden ausgedrückt, so ist die Declination des Gestirns für die Zeit seines Auf- und Untergangs gleich

$$D = \delta + \frac{s \cdot \partial\delta}{24}$$

und damit findet man die Morgen- oder Abendweite Θ des Gestirns durch den Ausdruck

$$\text{Sin.}\,\Theta = \frac{\text{Sin.}\,r\ \text{Sin.}\,\varphi + \text{Sin.}\,D}{\text{Cos.}\,r\ \text{Cos.}\,\varphi}.$$

Vernachlässigt man die Declinationsänderung $\partial\delta$ und die Horizontalrefraction r, so ist $\partial\delta = 0$, also $D = \delta$, und $r = 0$ und daher

$$\text{Sin.}\,\Theta = \frac{\text{Sin.}\,\delta}{\text{Cos.}\,\varphi},$$

wie zuvor. Für grofse geographische Breiten kann diese Correction, wie man sieht, sehr beträchtlich werden.

L.

Multiplicationskreis.

Circulus multiplicatorius; Cercle multiplicateur; *Multiplying Circle.*

Ein astronomisches Instrument, das man in der Zeichnung abgebildet sieht. Es besteht, nach seinen wesentlichsten Theilen, aus zwei concentrischen Kreisen m m und n n, die sich in einer verticalen Ebene um ihre gemeinschaftliche horizontale Axe AB drehn, welche letztere durch den sie dem Auge verdeckenden Würfel QB an einer verticalen Säule FQ befestigt ist, die selbst wieder auf einem Dreifufse mit Stellschrauben k k′ k″ ruht. Von der erwähnten horizontalen Axe stehn die beiden Enden derselben bei A und B etwas über die übrigen Theile des Instruments hervor, um an diese Endpuncte die Haken einer Hängelibelle anbringen zu können. Damit übrigens diese Kreise, die nur an dem einen Ende A jener Axe befestigt sind, diese Axe nicht schief drücken können, Fig. 852.

ist ein mit Blei gefülltes Gegengewicht H auf der andern Seite der Säule FQ angebracht, ganz so, wie dieses schon früher[1] erklärt worden ist.

Mit dem innern Kreise mm, welcher zugleich die vier Verniers trägt, ist das Fernrohr CD fest verbunden, so dafs es nur mit diesem Kreise zugleich auf und ab bewegt werden kann. Das Fernrohr hat bei A eine Oeffnung, durch die man das Licht einer Lampe gehn läfst, um das Innere des Fernrohrs zur Nachtzeit zu beleuchten. Diese Lampe hängt an einem Bogen, der an die für das Gegengewicht H bestehende Vorrichtung pq angebracht werden kann. Bei seinem Brennpuncte C trägt es in seinem Innern einen Spiegel, welcher gegen die Axe des Fernrohrs um 45 Grade geneigt ist und daher die von dem Gestirn nach dieser Axe einfallenden Lichtstrahlen wieder unter dem Winkel von 45 Graden in das seitwärts stehende Ocular des Fernrohrs zurückwirft. Diese Einrichtung hat den Vortheil, dafs das Auge des Beobachters hohe und niedere Sterne immer in einer horizontalen Richtung sieht, während bei der sonst gewöhnlichen Einrichtung des Fernrohrs sehr hohe Sterne bei diesem Baue des Instruments beschwerlich oder wohl gar nicht beobachtet werden könnten. Der äufsere Kreis nn endlich trägt die Theilung, die durch die Verniers des innern Kreises auf die bekannte Art wieder in kleinere Theile, gewöhnlich bis auf 4 Secunden untergetheilt wird. Dieser äufsere Kreis kann durch eine eigene Vorrichtung, die in der Figur der gröfseren Einfachheit wegen nicht aufgenommen ist, durch eine sogenannte Druckschraube, an die verticale Säule FQ befestigt werden, und eine zweite ähnliche Druckschraube ist bestimmt, den innern, das Fernrohr tragenden Kreis wieder an den äufseren zu befestigen. Jede dieser Druckschrauben ist noch mit einer eigenen feinen Mikrometerschraube versehn, durch welche man diese Kreise, selbst wenn sie bereits durch ihre Druckschrauben befestigt sind, noch etwas weniges in ihrer Ebene drehn oder verrücken kann. Wenn man also blofs die Druckschraube des innern Kreises löst, so kann man denselben sammt dem mit ihm fest verbundenen Fernrohre um den befestigten äufsern Kreis bewegen. Wenn man aber die Druckschraube

---

1 S. Art. *Meridiankreis.*

des innern Kreises anzieht, d. h. wenn man den innern Kreis an den äufsern befestigt und dafür die Druckschraube des äufsern Kreises, die ihn an die Säule FQ bindet, lüftet, so kann man dann beide Kreise zugleich, sammt dem Fernrohre, um ihre gemeinschaftliche Axe AB drehn. Auf dieser Eigenschaft beruht, wie wir bald sehn werden, das Princip der *Multiplication*, von welcher das Instrument seinen Namen trägt.

Die erwähnte Säule FQ ist ein hohler Cylinder von Metall, der an seinem untersten Theile auf drei starken Füfsen ruht. Unter diesen Füfsen wird durch drei Schrauben (von welchen man in der Zeichnung nur die zwei a und c sieht) eine dreiarmige Spange von Stahl befestigt, von welcher ebenfalls nur die zwei Arme ab und bc sichtbar sind. Auf der Mitte b dieser starken, elastischen Stahlfeder steht die eigentliche verticale Axe des Instruments, nämlich eine cylindrische Stange von Stahl, die durch die Höhlung jenes Cylinders FQ geht, mit ihrem untersten Ende auf der Stahlspange abc ruht und in ihrem obersten Endpuncte die erwähnte horizontale Axe der beiden Kreise trägt.

Noch ist unter dem Fufsgestelle ein kleinerer horizontaler Kreis aMc angebracht, der sich zugleich mit der verticalen Stahlaxe drehn läfst. Man sieht bei d die Druckschraube, durch welche man diesen Kreis an einen der drei Füfse des Piedestals befestigen kann, so wie an demselben Fufse auch ein Index angebracht wird, durch dessen Hülfe man den Bogen lesen kann, um welchen man die beiden verticalen Kreise mm und nn, so wie den horizontalen Kreis ac um die verticale Säule FQ gedreht hat.

A. Rectification des Multiplicationskreises.

Ehe man mit diesem Instrumente beobachten kann, mufs es zuerst in allen seinen Theilen gehörig rectificirt seyn. Dazu werden vorzüglich drei Stücke erfordert. 1) Die verticale Drehungsaxe FQ oder eigentlich die oben erwähnte durch den hohlen Cylinder FQ gehende Stahlstange mufs vollkommen senkrecht auf dem Horizonte stehn. 2) Dann mufs die gemein-

schaftliche horizontale Axe AB der beiden obern Kreise vollkommen horizontal seyn, woraus dann von selbst folgt, dafs auch die Ebene dieser beiden Kreise vertical seyn wird, weil der Künstler dieselbe schon senkrecht auf die Axe AB gestellt hat, auch die Mittel besitzt, diese senkrechte Stellung mit der gröfsten Genauigkeit auszuführen. 3) Endlich mufs die optische Axe des Fernrohrs in allen Lagen desselben mit der Ebene der beiden Kreise parallel seyn. Diese optische Axe ist aber die gerade Linie, welche den Mittelpunct des Objectivs D mit dem Durchschnitte der beiden Mittelfäden verbindet, die in dem Brennpuncte des Fernrohrs senkrecht auf diese Axe ausgespannt sind.

Um der ersten Forderung zu genügen, wird man sich am besten der Hänglibelle bedienen, die an die beiden hervorstehenden Enden der horizontalen Axe AB angehängt wird. Man stellt bei so eingehängter Libelle die Ebene der beiden obern Kreise zweien von den drei Enden des Piedestals, z. B. der Linie kk′, parallel und bringt die Blase der Libelle durch Bewegung der Fufsschraube k oder k′ in die Mitte. Dann dreht man jene Kreise um 180 Grade, so dafs ihre Ebene wieder der Linie kk′ nahe parallel wird. Wenn jetzt die Blase z. B. um 10 Theilstriche von der Mitte entfernt ist, so wird man sie durch Bewegung einer der beiden Fufsschrauben k oder k′ in die Mitte zwischen jenen beiden Orten, also auf den Theilstrich 5 bringen, und dann wird die Säule FQ mit einer durch die beiden Puncte k und k′ gehenden Verticalebene parallel seyn. Der gröfsern Sicherheit wegen wird man das so eben angezeigte Verfahren wiederholen oder die obern Kreise wieder zweimal in die der Linie kk′ parallele Stellung bringen und zusehn, ob die Libelle in beiden Lagen denselben Punct giebt. Wenn noch eine kleine Differenz statt hat, wenn z. B. die Libelle in der einen Lage der Kreise 5 und in der andern 6 Theilstriche gezeigt hat, so wird man sie durch die Schraube k oder k′ auf $\frac{1}{2}(5+6)=5\frac{1}{2}$ bringen. Um aber dann auch diese Axe FQ vollkommen vertical auf den Horizont zu stellen, wird man die beiden obern Kreise um ihre Drehungsaxe FQ nur um 90 Grade drehn, so dafs ihre Ebene jetzt durch den dritten Fufs k″ geht, und wenn hier die Libelle nicht wieder denselben Theilstrich zeigt, wie zuvor, so wird man sie blofs durch die Bewegung dieser

dritten Fufsschraube k auf den vorigen Theilstrich zurückführen. Hat man diese Operaticnen gehörig durchgeführt, so wird jetzt die Blase stets bei demselben Theilstriche stehn, in welche Ebene man auch die beiden obern Kreise um ihre Axe FQ bringen mag, d. h. diese Axe FQ wird vollkommen vertical stehn. Wenn die ersten Fehler dieser Axe zu grofs waren, so wird man bei einer ersten Ausführung dieser Methode nur die Fehler verkleinern und dann erst bei einer genauen Wiederholung derselben diese Fehler ganz wegbringen. Uebrigens setzt dieses Verfahren, wie man sieht, voraus, dafs die Libelle wenigstens so weit selbst rectificirt ist, dafs bei einer horizontalen Lage derselben die Blase sich wenigstens nicht zu weit von der Mitte entfernt, wozu die Mittel allgemein bekannt sind.

Nachdem so die Axe FQ des ganzen Instruments vollkommen vertical gestellt worden ist, kommt es noch darauf an, die Axe AB der beiden Kreise ebenso genau horizontal zu stellen. Diese Axe AB wird von vier starken Schrauben gehalten, die an ihren Endpuncten A und B auf ihre obere und untere Seite einwirken. Wenn man nun dieselbe Hänglibelle in entgegengesetzten Lagen an die Axe AB einstellt und wenn sie z. B. in der ersten Lage 6 und in der andern 10 zeigt, so wird man, mittelst der erwähnten Schrauben, diese Axe an ihrem einen Ende etwas erhöhen oder erniedrigen, bis die Blase bei der Zahl 8 steht. Die Wiederholung dieses Verfahrens wird auch hier zeigen, ob die Libelle in beiden Lagen dieselbe Zahl zeigt, d. h. ob die Axe AP in der That auf der grofsen Axe FQ senkrecht, also horizontal steht. Und hiermit ist auch die zweite Forderung erfüllt.

Um endlich auch noch der dritten genug zu thun, d. h. um die optische Axe des Fernrohrs mit der Ebene seines Kreises parallel zu stellen, wird man zuerst das Fadennetz in den Brennpunct des Fernrohrs und den einen Faden desselben horizontal stellen, was ganz nach denselben Vorschriften gemacht werden kann, die schon oben [1] vorgetragen wurden und daher hier keine Wiederholung bedürfen. Dann wird man den verticalen Mittelfaden auf ein sehr entferntes und wohlbegrenztes terrestrisches Object stellen, wobei der

1 S. Art. *Meridiankreis.*

untere Horizontalkreis a b c abgelesen werden kann. Dann dreht man die beiden obern Kreise um die grofse Axe FQ genau um 180 Grade, was man eben durch diesen Horizontalkreis sehn kann, und dreht auch das Fernrohr um seine Axe AP, so dafs das Objectiv D desselben wieder jenem terrestrischen Gegenstande zugewendet wird. Trifft in dieser Lage der verticale Mittelfaden dieses Object nicht wieder in demselben Puncte, wie zuvor, so wird man den halben Fehler durch die kleine Schraube bei C verbessern, welche bestimmt ist, diesen Faden mit seinem ganzen Netze der Ebene des Kreises zu nähern oder ihn davon zu entfernen. Eine Wiederholung desselben Verfahrens wird auch hier den etwa noch übrig gebliebenen Fehler bis zur Unmerklichkeit vermindern.

B. Beobachtungsart mit diesem Instrumente.

Es ist bereits oben gesagt worden, dafs man mit Hülfe zweier Druckschrauben den innern Kreis an den äufsern und auch den äufsern Kreis an seine verticale Säule FQ befestigen kann und dafs das Fernrohr mit dem innern Kreise unveränderlich verbunden ist. Sind beide Druckschrauben geschlossen, so läfst sich keiner der beiden verticalen Kreise (oder doch nur ganz wenig durch ihre ebenfalls schon erwähnten Mikrometerschrauben) bewegen. Ist blofs die Druckschraube des äufsern Kreises geschlossen, so läfst sich der innere Kreis mit seinem Fernrohre bewegen. Ist endlich die Druckschraube des innern Kreises geschlossen, aber die des äufsern geöffnet, so lassen sich beide Kreise zugleich in ihrer verticalen Ebene um die gemeinschaftliche Axe AB derselben drehen.

Dieses vorausgesetzt stelle man nun einen der vier Verniers des innern Kreises auf irgend einen Theilstrich des äufsern, z. B. auf 0°, wodurch die drei andern sehr nahe auf 90, 180 und 270° kommen werden. Dann befestige man durch die erste der erwähnten Druckschrauben den innern Kreis an den äufsern, bringe durch die Mikrometerschraube des innern Kreises den ersten Vernier genau auf 0° 0′ 0″ und lese auch genau den Stand der drei übrigen Ver-

niers ab. Man öffne nun die zweite Druckschraube oder die des äufsern Kreises und drehe beide Kreise zugleich um ihre verticale Säule FQ so lange, bis ihre Ebene durch das zu beobachtende Gestirn geht. In dieser Ebene drehe man dann wieder beide Kreise zugleich um ihre horizontale Axe AB, bis das Gestirn im Felde des Fernrohrs, nahe an dem horizontalen Faden desselben, erscheint. Dann schliefse man den äufsern Kreis durch seine Druckschraube, bringe durch die Mikrometerschraube des äufsern Kreises den Faden genau auf den Stern und bemerke die Uhrzeit dieser ersten Beobachtung.

Da bisher der innere Kreis mit seinem Fernrohre immer auf dem Nullpuncte des äufsern Kreises stehn geblieben ist, so hat diese Beobachtung, für sich allein, keinen Werth und man geht daher sogleich zu der zweiten Beobachtung über. Man dreht nämlich jetzt die beiden Kreise zugleich um ihre verticale Säule FQ um 180 Grade, bis die Ebene dieser Kreise wieder durch das Gestirn geht. In dieser Stellung des Instruments löst man die erste Druckschraube (die den innern Kreis an den äufsern bindet), und dreht diesen gelösten innern Kreis innerhalb des festen äufsern um ihre horizontale Axe AB so lange, bis der Stern wieder nahe in der Mitte des Feldes des Fernrohrs erscheint. Dann schliefst man den innern Kreis mittelst seiner Druckschraube wieder an den äufsern und bringt durch die Mikrometerschraube des innern Kreises den Faden genau auf das Gestirn und bemerkt endlich wieder die Uhrzeit dieser zweiten Beobachtung. Durch diese Drehung des innern Kreises hat aber das Fernrohr offenbar die doppelte Zenithdistanz des Gestirns durchlaufen. Liest man daher am Ende dieser zweiten Beobachtung die vier Verniers wieder ab, so wird das Mittel aus den beiden Ablesungen im Anfange und am Ende des ganzen Verfahrens die gesuchte doppelte Zenithdistanz des Gestirns geben. Will man aber, am Ende der zweiten Beobachtung, die ganze Operation noch einmal in der angeführten Ordnung wiederholen, so wird am Ende der vierten Beobachtung das Fernrohr sich um die vierfache Zenithdistanz des Sterns bewegt haben oder die Differenz zwischen der ersten und letzten Stellung des innern Kreises wird die vierfache Zenithdistanz des Sterns geben, und ebenso wird man die 6-, 8-,

10..fache Zenithdistanz desselben erhalten. Dafs übrigens das Ablesen der Verniers nicht nach jeder geraden, d. h. nicht immer nach der 2., 4., 6. Beobachtung, sondern dafs dasselbe erst am Schlusse aller Beobachtungen nöthig sey, bedarf keiner weitern Erläuterung.

Aber für welchen Augenblick zwischen allen diesen Beobachtungen gilt diese 2-, 4-, 6..fache Zenithdistanz? Wenn die Höhenänderung des Gestirns während aller dieser Beobachtungen als der Zeit proportional angenommen werden kann, so kann man das Mittel aus allen Zenithdistanzen als für den Augenblick gehörend ansehn, welcher zu der Mitte aus allen Uhrzeiten der einzelnen Beobachtungen gehört. Wenn dieser Beobachtungen nur wenige, etwa blofs zwei oder vier Paare, genommen werden und wenn überdiefs die zwischen ihnen verflossene Zeit nicht zu grofs ist, also z. B. vier oder sechs Minuten nicht übersteigt, so wird man sich jene Voraussetzung bei allen Gestirnen, den Mond etwa ausgenommen, ohne merklichen Fehler erlauben können. Darf man sich aber diese Supposition nicht zugeben, so wird man jedes einzelne Beobachtungspaar auf die Mitte der Zeit aller Beobachtungen reduciren, wozu folgendes Verfahren das zweckmäfsigste ist.

Sey Z das Mittel aus allen Zenithdistanzen, deren Anzahl N seyn soll, und sey ebenso T das Mittel aus allen Uhrzeiten der einzelnen Beobachtungen, so dafs also z. B. für drei Beobachtungspaare $N = 6$ und Z ebenfalls der sechste Theil des von dem Fernrohre durchlaufenen Bogens ist. Bezeichnet man ferner durch p die Poldistanz des beobachteten Gestirns und durch ψ die Aequatorhöhe, welche beide Gröfsen nur beinahe bekannt zu seyn brauchen, und nennt man Θ, Θ', Θ''.. die Differenz der Zeit T und der Uhrzeit der 1., 2., 3. Beobachtung, so suche man die Gröfse

$$\frac{2\,\text{Sin.}^2\,\frac{\Theta}{2}}{\text{Sin.}\,1''} + \frac{2\,\text{Sin.}^2\,\frac{\Theta'}{2}}{\text{Sin.}\,1''} + \frac{2\,\text{Sin.}^2\,\frac{\Theta''}{2}}{\text{Sin.}\,1''} + \cdots,$$

die wir der Kürze wegen durch $\Sigma\,\frac{2\,\text{Sin.}^2\,\frac{\Theta}{2}}{\text{Sin.}\,1''}$ bezeichnen wollen und die man aus den allgemein bekannten Tafeln mit den Argumenten Θ, Θ', Θ''.. ohne alle Mühe nehmen kann.

Es sey ferner ζ die gesuchte Zenithdistanz des beobachteten Gestirns, die zu der Zeit T der Mitte aller Beobachtungen gehört, so hat man

$$\zeta = Z + \frac{1}{N}(n - m^2 \text{ Cotg. } z) . \Sigma \frac{2 \text{ Sin.}^2 \frac{\Theta}{2}}{\text{Sin. } 1''},$$

wo $n = \frac{\text{Sin. p Sin. } \psi}{\text{Sin. Z}} . \text{ Cos. T}$ und $m = \frac{\text{Sin. p Sin. } \psi}{\text{Sin. Z}} . \text{ Sin. T}$

ist, und dieses ist der allgemeine Ausdruck, durch welchen man die mit dem Multiplicationskreise beobachteten Zenithdistanzen auf die Zeit der Mitte dieser Beobachtungen reduciren kann.

Am gewöhnlichsten macht man diese Beobachtungen in der Nähe des Meridians zu beiden Seiten desselben, und dieses sind die sogenannten *Circummeridianhöhen*, von welchen unter diesem Artikel[1] bereits im Allgemeinen gesprochen worden ist. Für sie wird der vorhergehende Ausdruck der Reduction einfacher. Da man nämlich hier die Reduction auf den Meridian, nicht aber auf die Mitte der sämmtlichen Beobachtungszeiten vornimmt, so sey Θ der Unterschied der Uhrzeit der ersten Beobachtung von der Uhrzeit der Culmination des Gestirns oder sey Θ der Stundenwinkel des Gestirns in der ersten und ebenso Θ', Θ'', Θ'''.. in der 2., 3., 4.... Beobachtung. Da nun hier die Gröſse T sehr nahe den Stundenwinkel des Sterns zur Zeit seiner Culmination bedeutet, so ist $T = 0$, also auch $m = 0$ und $n = \frac{\text{Sin. p Sin. } \psi}{\text{Sin. Z}}$, und man hat daher, wenn ζ die gesuchte mittägige Zenithdistanz des Sterns bezeichnet,

$$\zeta = Z + \frac{n}{N} . \Sigma \frac{2 \text{ Sin.}^2 \frac{\Theta}{2}}{\text{Sin. } 1''},$$

wo wieder N die Anzahl der Beobachtungen und Z das Mittel aus allen beobachteten Zenithdistanzen bezeichnet.

Nur in wenigen Fällen, besonders wenn man die Beobachtungen in der Zeit zu sehr ausdehnt, was aus bekannten praktischen Rücksichten nie rathsam ist, wird man auch auf

---

1 S. Bd. II. S. 112.

die nächst höhere Potenz der Gröfse Sin. $\frac{\Theta}{2}$ Rücksicht zu nehmen haben. Um daher von diesem in der beobachtenden Astronomie sehr wichtigen Verfahren hier eine, obschon kurze, doch vollständige Anleitung zu geben, wollen wir die hier zu bemerkenden Vorschriften auf folgende Weise zusammenstellen.

Wenn man die vorige Bedeutung der Gröfsen Z, Θ, p und ψ beibehält und

$$n = \frac{\text{Sin. p Sin.}\psi}{\text{Sin.}(p-\psi)}$$

setzt, so hat man für die auf den Meridian reducirte Zenithdistanz ζ den folgenden Ausdruck

$$\zeta = Z - \frac{n}{N}\Sigma.\frac{2\,\text{Sin.}^2\frac{\Theta}{2}}{\text{Sin. }1''} + \frac{n^2\text{Cotg.}(p-\psi).}{N}\Sigma.\frac{2\,\text{Sin.}^4\frac{\Theta}{2}}{\text{Sin. }1''},$$

und dieser Ausdruck gilt unmittelbar für Culminationen auf der Südseite des Zeniths, wo wir auch die Sonne, den Mond und alle Planeten beobachten. Auf der Nordseite aber wird man für obere Culminationen haben [1]

$$n = \frac{\text{Sin. p Sin.}\psi}{\text{Sin.}(\psi-p)},$$

$$\zeta = Z - \frac{n}{N}\Sigma.\frac{2\,\text{Sin.}^2\frac{\Theta}{2}}{\text{Sin. }1''} + \frac{n^2\text{Cotg.}(\psi-p).}{N}\Sigma.\frac{2\,\text{Sin.}^4\frac{\Theta}{2}}{\text{Sin. }1''},$$

und endlich für untere Culminationen

$$n = \frac{\text{Sin. p Sin.}\psi}{\text{Sin.}(p+\psi)},$$

$$\zeta = Z + \frac{n}{N}\Sigma.\frac{2\,\text{Sin.}^2\frac{\Theta}{2}}{\text{Sin. }1''} + \frac{n^2\text{Cotg.}(p+\psi)}{N}.\Sigma.\frac{2\,\text{Sin.}^4\frac{\Theta}{2}}{\text{Sin. }1''}.$$

Man hat in den neuern Zeiten manchen nicht ungegründeten Zweifel gegen die früher so hoch gepriesenen Multiplicationskreise vorgebracht. Gewifs waren alle multiplicirende Instrumente zu der Zeit, als Tob. Mayer zuerst das Princip der

1 Beispiele findet man in Bohnenberger's Anleitung zur Best. der Polhöhe, in Littrow's Vorles. üb. Astron. Bd. I. S. 200., in Zach's monatl. Correspondenz u. s. f.

Multiplication aufgestellt hatte, von entschiedenem Werthe für die damalige praktische Astronomie, besonders aus dem Grunde, weil zu jener Zeit die Theilung der astronomischen Instrumente, selbst die englischen nicht ausgenommen, noch in so hohem Grade unvollkommen war. Allein in unsern Tagen ist dieses nicht mehr so und die neueren, besonders die nach Reichenbach's Methode getheilten Instrumente erfreuen sich in dieser Beziehung einer Vollkommenheit, wie sie vor diesem grofsen Künstler kaum gehofft werden konnte. Dadurch fällt aber die Hauptursache, wegen welcher die Vervielfältigungskreise eingeführt worden sind, gänzlich weg, und es ist überdiefs sehr zu besorgen, dafs die vielen und oft raschen Bewegungen, welche diese Kreise bei der Multiplication der Beobachtungen in verschiedenen ihrer Theile erleiden, Quellen von neuen und viel gröfsern Fehlern werden, als man von der so vollkommnen Theilung derselben erwarten kann. Dazu kommt noch die Unbequemlichkeit und das Zeitraubende der Berechnung dieser Beobachtungen, die mit jener bei nicht multiplicirenden Kreisen in keine Vergleichung gebracht werden kann [1].

Aus diesen und ähnlichen Gründen, die wir hier der Kürze wegen übergehn, schien es uns vortheilhafter, wieder zu dem alten Verfahren zurückzugehn und, indem man den äufsern Kreis auf eine unveränderliche Weise feststellt oder mit seiner verticalen Säule FQ verbindet, auf jene Multiplicationen, in dem bisher gebrauchten Sinne dieses Ausdrucks, ganz zu verzichten. Die englischen Künstler haben nur sehr wenige eigentliche Multiplicationskreise gemacht, da sie bei den Astronomen dieses Volkes nie in Aufnahme gekommen sind. Dafür besitzen sie eine grofse Anzahl anderer nicht multiplicirender Höhen- und Azimuthalkreise, die zwar in mehrern Theilen eine andere Construction haben, als der in unserer Zeichnung nach Reichenbach's Einrichtung vorgestellte, die aber im Wesentlichen doch mit diesem übereinkommen, wenn man nur dem Reichenbach'schen Instrumente die Beweglich-

1 Man sehe darüber einen Aufsatz in den ersten Blättern der astron. Nachr. von Schumacher und die Ansicht eines der gröfsten englischen Künstler in dem ersten Theile der Mem. der astron. Ges. in London.

keit des äufsern Kreises nimmt, was schon dadurch geschehn kann, dafs man die oben erwähnte Druckschraube, welche diesen äufsern Kreis mit der Säule FQ verbindet, nicht mehr während der Beobachtungen auflöst, was noch sicherer durch zweckmäfsige Klemmen geschehn wird, durch welche man diesen äufsern Kreis mit seiner verticalen Säule unveränderlich verbindet, und am sichersten endlich, wenn die Künstler selbst, bei ihren künftigen Constructionen dieser Instrumente, diese äufsern Kreise für immer fest an ihre Säule stellen, wodurch auch die Kosten dieser Instrumente bedeutend vermindert werden müssen.

Es ist demnach noch übrig, zu sehn, wie man mit solchen Instrumenten, die nicht mehr multipliciren oder bei welchen der äufsere Kreis nicht mehr um seine Axe AB gedreht werden kann, beobachten soll.

Was zuvörderst die Rectification eines solchen Kreises betrifft, so ist sie ganz dieselbe mit jener des Multiplicationskreises. Man wird nämlich die oben unter I, II und III erwähnten Fehler des Instruments durch die dort angegebenen mechanischen Mittel wegzubringen oder vielmehr so viel als möglich zu verkleinern suchen. Von den noch übrig bleibenden Fehlern kann dann bei den Beobachtungen auf folgende Weise Rechnung geführt werden.

Zu 1) Bemerkt man eine kleine Verstellung der Säule FQ durch Hülfe einer eigenen Libelle, die bei uu auf dem Würfel QB parallel mit der Ebene der beiden Kreise aufgestellt ist, so sey in beiden Lagen des Instruments (wo nämlich die beiden Kreise östlich oder westlich von der Säule FQ stehn) a die Zahl des bei dem Beobachter stehenden und b die Zahl des bei dem Gestirne stehenden Endpunctes der Blase. Für die zweite, dritte .... Beobachtung nenne man diese Zahlen a', b', a'', b'' u. s. w., so hat man, wenn k den Werth eines Theilstrichs der Libelle bezeichnet, für die gesuchte Correction der beobachteten Zenithdistanz

$$\frac{k}{2N}\left[(a+a'+a''+\ldots)-(b+b'+b''+\ldots)\right],$$

wo N die Anzahl der Beobachtungen ist und wo diese Correction mit ihrem Zeichen an der beobachteten Zenithdistanz angebracht wird. Wenn man auch den äufsern Kreis selbst mit einer solchen fixen Libelle versehn würde, die am

besten in der Mitte seiner Speichen angebracht werden könnte, so würde man auch von den kleinen Variationen Rechnung tragen können, denen die Lage dieses Kreises noch unterworfen seyn mag. Die Brauchbarkeit des Instruments würde ohne Zweifel dadurch sehr gewinnen.

Zu 2) Der Fehler des Parallelismus der Ebene der Kreise mit ihrer Säule FQ kann bei der Einrichtung dieser Kreise nicht gut ganz weggebracht werden. Es ist daher genug, ihn nur so viel als möglich zu verkleinern. Da er nämlich, wegen der sehr starken Schrauben, die auf die horizontale Axe AB der Kreise wirken, der Erfahrung gemäſs oft viele Monate lang vollkommen constant bleibt, so ist es vortheilhafter, denselben, wenn er einmal durch das oben angeführte Verfahren klein genug gemacht worden ist, mittelst derselben Hänglibelle auf das genaueste zu bestimmen, wodurch man demnach die Neigung n der Kreisebene gegen die verticale Säule erhält. Ist dann z die an dem Instrumente abgelesene und z' die wahre Zenithdistanz des Sterns, so hat man

$$\text{Cos.}\, z' = \text{Cos.}\, n \;\text{Cos.}\, z$$

oder

$$z' - z = \tfrac{1}{2} n^2 \;\text{Cotg.}\, z . \text{Sin.}\, 1'',$$

eine Correction, die besonders bei solchen Sternen öfter berücksichtigt werden sollte, die in der Nähe des Zeniths beobachtet werden.

Zu 3) Auch der Fehler der optischen Axe läſst sich ganz auf dieselbe Weise berücksichtigen. Hat man durch das oben im Art. *Meridiankreis* angeführte Verfahren, nämlich durch die Beobachtung eines Circumpolarsterns an demselben Seitenfaden des Instruments mit umgewendeter Lage des letztern, die Neigung m der optischen Axe gegen die Ebene der beiden Kreise oder gegen die Säule FQ gefunden, so ist wieder, wenn z die beobachtete und z' die wahre Zenithdistanz bezeichnet,

$$z' - z = \tfrac{1}{2} m^2 \,\text{Cotg.}\, z . \text{Sin.}\, 1''.$$

Wenn man von der unveränderlichen Lage des äuſsern Kreises durch eine bestimmte Periode von mehrern Tagen oder selbst Monaten überzeugt ist oder, was noch besser, wenn man die kleinen Variationen, welche in dieser Lage vorkommen können, durch die erwähnte, an diesem Kreise befestigte Libelle für jeden Augenblick kennt, so wird man, ehe man

zu den eigentlichen Beobachtungen an diesem Instrumente übergeht, vorerst entweder den Polpunct oder den Zenithpunct des äufsern Kreises bestimmen. Jenen erhält man durch Beobachtungen der Circumpolarsterne in ihrer obern und untern Culmination und diesen durch Beobachtung desselben Sterns mit umgewendetem Instrumente, wobei die beiden Kreise in der ersten Beobachtung auf der einen und in der zweiten Beobachtung auf der entgegengesetzten Seite der verticalen Säule FQ stehn. Da dieses Verfahren ganz dasselbe ist, welches wir schon oben[1] auseinander gesetzt haben, so könnte es hier ganz übergangen werden. Indefs giebt die leichte Beweglichkeit des gegenwärtigen Kreises im Azimuth ein anderes treffliches Mittel an die Hand, den Zenithpunct desselben jeden Augenblick ohne Mühe und mit der gröfsten Schärfe zu bestimmen, daher wir dasselbe hier um so weniger übergehn wollen, als es öfter auch selbst bei Meridiankreisen und ganz vorzüglich auch bei solchen Kreisen angewendet werden kann, wie z. B. der grofse und vortreffliche Kreis ist, den Ramsden für die Sternwarte in Palermo verfertigt und welcher unter der Hand des berühmten Piazzi so reiche Früchte getragen hat.

Zu dieser Bestimmung des Zenithpunctes wird man irgend einen Fixstern, am besten einen dem Pole nähern, unmittelbar nach einander in den beiden Lagen des Kreises beobachten. Ist dann dt die gegebene halbe Zwischenzeit dieser zwei Beobachtungen und dz die gesuchte Aenderung der Zenithdistanz in dieser Zeit dt, so hat man, wenn p und z die Pol- und Zenithdistanz des Sterns und ψ die Aequatorhöhe des Beobachtungsortes, so wie t den Stundenwinkel des Sterns bezeichnen,

$$dz = 900 \frac{\text{Sin.}\,p\ \text{Sin.}\,\psi}{\text{Sin.}\,z} .\text{Sin.}\,t\,.\,dt,$$

wo dt in Zeitminuten und dz in Raumsecunden ausgedrückt ist. Dieser Werth von dz, an die beiden beobachteten Zenithdistanzen mit verkehrtem Zeichen angebracht, giebt zwei gleichzeitige Zenithdistanzen, deren halbe Differenz daher der gesuchte Collimationsfehler des Kreises seyn wird. Um dieses sehr nützliche und anwendbare Verfahren durch ein Beispiel zu erläutern, so wurden am 22. August 1821 zu Wien mit

---

1 S. Art. *Meridiankreis.*

einem solchen Kreise folgende Zenithdistanzen des Polarsterns beobachtet.

	Sternzeit		Beob. Zenithdistanz
Kreis Ost . . .	$18^h\ 57'\ 11'',2$	. . .	$40^\circ\ 0'\ 39'',0$
	58 1,3	. . .	40 0 17,0
	58 48,5	. . .	39 59 54,5
Kreis West . . .	19 1 23,9	. . .	43 34 23,0
	2 31,1	. . .	43 33 52,0
	3 20,3	. . .	43 33 30,0

Wenn man alle Beobachtungen auf das Mittel $T = 19^h\ 0'\ 12'',7$ der sechs Beobachtungszeiten reducirt, so ist

$$T = 19^h\ 0'\ 12'',7$$
$$\text{scheinb. Rectasc. . . .}\ \ 0\ 57\ 38,5$$
$$\text{Stundenwinkel}\ \ t = 18\ 2\ 34,2$$

und da $p = 1^\circ\ 38'$ und $\psi = 41^\circ\ 47'\ 25''$ ist, so hat man für die Aenderung der Zenithdistanz des Polarsterns in diesem Puncte seines Parallelkreises während einer Zeitminute

$$dz = 900\ \frac{\text{Sin.}\,p\ \text{Sin.}\,\psi}{\text{Sin.}\,z}\ \text{Sin.}\,t = -\,25'',6.$$

Die Differenz der ersten Beobachtungszeit von dem Mittel T aller Zeiten ist aber $0^h\ 3'\ 1'',5$ oder $3',025$, und da $3',025\ dz = -\,77'',4$ ist, so hat man

$$\text{erste beob. Zenithdist. . .}\ \ 40^\circ\ 0'\ 39'',0$$
$$1\ \ 17,4$$
$$39\ \ 59\ \ 21,6$$

für die Zenithdistanz, welche man zur Zeit T beobachtet haben würde. Behandelt man ebenso alle sechs Beobachtungen, so erhält man folgende sechs Zenithdistanzen, die alle für die Zeit T gelten:

Kreis Ost . . . $39^\circ\ 59'\ 21'',6$, 20,9, 18,6 — im Mittel $39^\circ\ 59'\ 20'',37 = z$

Kreis West . . . $43^\circ\ 34'\ 53'',4$, 51,1, 50,0 — im Mittel $43^\circ\ 34'\ 51'',50 = z'$,

und nun giebt die halbe Summe dieser beiden Mittel für dieselbe Zeit T

die wahre Zenithdistanz des Sterns .... $\frac{z'+z}{2} = 41^\circ\,47'\,5'',935$ und die halbe Differenz giebt den gesuchten Collimationsfehler $\frac{z'-z}{2} = 1^\circ\,47'\,45'',565$, wodurch also auch der Zenithpunct des Kreises bestimmt ist. Man sieht, daſs man diese übrigens kleinen Rechnungen noch sehr abkürzen kann, wenn man für den Polarstern eine kleine Tafel entwirft, welche die Aenderung dz der Zenithdistanz desselben für eine Zeitminute mit dem bloſsen Argumente des Stundenwinkels t giebt, in welcher Tafel auch zugleich auf die kleinen Aenderungen Rücksicht genommen werden kann, die p durch die Präcession in der Folge von mehrern Jahren erhält.

L.

Multiplicator.

Galvanoskop, Galvanometer; *Multiplicateur*; Multiplicator.

Wegen der geringen Spannung der Galvanischen Elektricität oder der Elektricität der Volta'schen Ketten dienten anfangs vorzugsweise und bei sehr schwachen Strömen ausschlieſslich präparirte Froschschenkel zur Prüfung des Vorhandenseyns solcher Contact-Elektricität, gegenwärtig aber bedient man sich derselben kaum noch, dagegen so häufig der elektromagnetischen Multiplicatoren, daſs diese bereits mehrmals erwähnt werden muſsten [1]. Es schien daher überflüssig, einen besondern Artikel *Galvanometer* aufzunehmen, vielmehr wurde bei diesem auf den Artikel *Multiplicator* verwiesen, obgleich auch dieser letztere Apparat zuweilen *Galvanoskop* oder *Galvanometer* genannt wird [2]. Auf welche Weise man

1 Unter andern im Art. *Elektromagnetismus.* Bd. III. S. 523. *Galvanismus.* Bd. IV. S. 599. u. a. a. O.

2 Dr. Neeff bemerkt, der Name *Multiplicator* passe nicht für den Fechner'schen Apparat, welcher nur aus einer Windung besteht und doch in die Classe dieser Instrumente gehört. Der sprachwidrig gebildete und unpassende Name *Galvanometer* sollte ganz verworfen werden, da man auch reibungselektrische, thermoel., magnetoel. und

präparirte Froschschenkel hierzu benutzt, ist bereits erläutert worden[1], und es genügt daher hier nur die Construction des elektromagnetischen Multiplicators näher zu beschreiben.

Der elektromagnetische Multiplicator wurde von Schweigger[2] unmittelbar nach der Bekanntwerdung von Oersted's höchst wichtiger Entdeckung erfunden, und obgleich das Princip, worauf derselbe beruht, bereits[3] erläutert werden mufste, so möge es doch hier der Vollständigkeit wegen abermals kurz angegeben werden. Nach dem Oersted'schen Fundamentalversuche weicht die Nordspitze der Magnetnadel, wenn diese sich unter dem Leiter der Elektricität (dem *Rheophore*) befindet, beider Axen zu einander parallel und den Strom der positiven Elektricität in der Richtung von Nord nach Süd gedacht, östlich ab. Hierbei wird der Südpol der Nadel nicht berücksichtigt, weil die Erfahrung ergeben hat, dafs die Wirkung des Rheophors auf diesen die entgegengesetzte derjenigen ist, die auf die Nordspitze ausgeübt wird, und dafs also die erzeugte Bewegung der Nadel als die Resultante zweier ihre entgegengesetzten Enden nach entgegengesetzten Seiten treibenden Kräfte betrachtet werden könnte, statt dafs man sie der Bequemlichkeit und Kürze wegen als eine einzige Kraft betrachtet, die nur auf das eine Ende der Magnetnadel wirkt. Blofs der Bequemlichkeit und anschaulicheren Einsicht der Sache wegen setzt man für den Anfang die angegebene Richtung des + el. Stromes fest und nimmt die Nadel in ihrer natürlichen Lage an, inzwischen ergiebt sich bald, dafs die bewegende Kraft, welche der Rheophor als wirklicher Magnet eigenthümlicher Art ausübt, sich bei jeder Lage und Richtung von ihm selbst und der Nadel äufsern müsse. Hieraus folgt dann zugleich, dafs die dem Cosinus des Winkels beider Axen proportional wirkende Kraft sich nicht weiter äufsern könne, als bis zu einer Neigung von 90 Graden, bei welchem sie schon = 0 seyn mufs, weil sie über diesen hinaus, da sie

---

sonstige Ströme damit mifst. Neeff schlägt daher *Rheometer* vor, weil der Apparat alle Arten von elektrischen Strömen, und die Elektricität gerade dann, wenn sie strömt, zu messen dient.

1 S. Art. *Galvanismus* Bd. IV. §. 15. S. 595.

2 Dessen Journal Th. XXXI. S. 2. Aus einer Vorlesung vom 16. Sept. 1820.

3 S. Art. *Elektromagnetismus* a. a. O.

der Richtung nach sich gleich bleibt, negativ wird. Läuft also der zum Rheophor dienende Körper über die Nadel hin, am besten beider Axen zu einander parallel angenommen, und wird durch seine magnetische Kraft die Magnetnadel seitwärts getrieben, so muſs er auf die nämliche Spitze der Nadel eine gleiche Wirkung äuſsern, wenn er rückwärts umgebogen in gleicher Nähe unter ihr hingeführt wird, weil dann ein zweiter Punct seiner auf gleiche Weise magnetischen Oberfläche in das nämliche Verhältniſs zu dieser Spitze kommt. Es ist überflüssig, weil es sich von selbst ergiebt, hierbei weiter nachzuweisen, daſs eben das, was hinsichtlich der Nadelspitze festgesetzt worden ist, für die ganze Länge der Nadel und die über und unter derselben hinlaufenden zwei Theile des Rheophors gilt. Hieraus folgt also unmittelbar eine Verdoppelung der Kraft, und auf gleiche Weise lieſse sich eine 3-, 4-, 5-, ... nfache Vermehrung nachweisen, wenn es möglich wäre, den Rheophor abermals umzubiegen und genau an der Stelle des ersten Theils zuerst über und dann unter der Nadel hinzuführen. Obgleich dieses unmöglich ist und aus der nothwendig bedingten Abänderung der Lage der wiederholten Windungen des Rheophors zur Nadel Modificationen ihrer Wirkungen erwachsen müssen, so übersieht man doch bald, daſs hieraus ein elektromagnetischer Multiplicator in Folge der vervielfachten Wirkung des nämlichen Rheophors entstehn müsse.

Nach dem hier angegebenen Principe sind von Anfang an bis jetzt alle Multiplicatoren construirt worden und sie unterscheiden sich bloſs durch ihre Gröſse, die Zahl der Windungen und die Dicke des dazu verwandten Drahtes. Wollte man einen weitern Unterschied annehmen, so könnte man sie in einfache und doppelte abtheilen, zu welchen letzteren die Anwendung der Nobili'schen Doppelnadel führte, wie wir sogleich sehn werden. Da man eine gute Fortleitung der Elektricität verlangt, so wählt man für den Rheophor Metall, am besten Kupfer, wegen seiner vorzüglichen Leitungsfähigkeit, entweder als Draht oder als dünnen Blechstreifen. Nach einem allgemeinen Schema ist dann ns die Magnetnadel, k das negative Element der Volta'schen Kette, von welchem ausgehend der Rheophor mit dem Theile 1 über der Nadel hinlaufend, die einfache ablenkende Kraft ausübt, die durch den unter derselben hinlaufenden Theil 2 zur zweifachen, durch

Fig. 353.

den wiederkehrenden Theil 3 zur dreifachen, und somit nach dem Schema zur 6fachen verstärkt wird, wenn man von dem Einflusse des gröſsern Abstandes der folgenden Windungen abstrahirt. Anfangs, als die Erfindung noch neu war, wandte man verschiedene Metalle bald als Drähte, bald als Streifen dünner Bleche an, jetzt, nachdem die vorzügliche Leitungsfähigkeit des Kupfers anerkannt worden ist, wählt man fast ausschlieſslich Drähte dieses Metalles und nur selten schmale Streifen desselben, wenn deren Anwendung paſslicher scheint. Da aber erforderlich ist, daſs die Windungen einander nicht metallisch berühren, damit nicht die Elektricität von einer zur andern überströme, sondern den ganzen Rheophor durchlaufe, so überzieht man den Rheophor mit einer isolirenden Substanz, die als dünner Ueberzug schon hinreicht, um die Elektricität von so geringer Spannung am Ueberströmen zu hindern. Dieses Ueberziehen ist um so nöthiger, da man die einzelnen Windungen einander so nahe als möglich bringt, um die aus der gröſsern Entfernung entspringende Verminderung der Kraft zu vermeiden. Als Ueberzug wählte man anfangs Siegellack, auch wohl Wachs oder bloſs Firniſs; allein da diese Substanzen beim Biegen leicht abspringen, so nahm man bald Seide, die man als Fäden oder als Band umwickelte, jetzt bedient man sich fast ausschlieſslich des mit Knopfseide übersponnenen Kupferdrahtes.

Schweigger's erste Multiplicatoren[1] bestanden aus umgeschlungenen, mit Wachs überzogenen Messingdrähten oder aus einem mit Seide umsponnenen Silberdrahte (sogenanntem, eigentlich übersilbertem Kupferdrahte), welcher um ein Glasscheibchen oder ein hölzernes Scheibchen mehrmals umgeschlungen war, wobei die Magnetnadel an einem kleinen Stengelchen befestigt, unter die obern Windungen durch einen zwischen denselben befindlichen Zwischenraum gebracht und an einem Coconfaden höchst beweglich aufgehangen wurde. Andere, z. B. Raschig[2], wanden den übersponnenen Draht bis zu 100 Windungen im Kreise, schoben zwischen den Windungen ein Glasröhrchen bis fast in die Mitte herab und zogen durch die Oeffnung des letztern den Coconfaden, welcher

1 A. a. O. S. 2. 12 u. 35.
2 G. LXVII. 429.

die Magnetnadel trug; jedoch steht diese Kreisform der üblichern, einer langgestreckten Ellipse ähnlichen wegen des grössern Abstandes der Drähte nach. Eine, in gewissen Fällen anwendbare Constructionsart des Multiplicators ist diejenige, welche v. Yelin[1] demselben gegeben hat, obgleich hierbei die Drahtwindungen nur von einer Seite her auf die Magnetnadel wirken, wogegen man den Vortheil hat, dass man irgend eine beliebige kleine Magnetnadel unter einer kleinen Campane aufsetzen kann. Um ein kleines, einem doppelten Riegelhaken gleichendes Klötzchen wird der übersponnene feine Draht gegen 40- bis 50mal neben einander in einer Ebene liegend umgewunden, dessen beide Enden durch das Holz gesteckt unten hinreichend hervorragen, um sie mit den Elementen der Volta'schen Kette in Verbindung zu bringen.

Fig. 354.

Es ist bereits bemerkt worden, dass gegenwärtig bei weitem die meisten Multiplicatoren aus übersponnenem Kupferdrahte gemacht werden, und daher pflegt man, wenn von der Anwendung eines solchen Apparates die Rede ist, nur zu bemerken, aus wie vielen Windungen derselbe besteht und welche Dicke der Draht hat; weicht er jedoch von dieser gewöhnlichen Construction ab, so muss dieses ausdrücklich erwähnt werden. Hare[2] meint zwar, sein Galvanometer aus übereinander gewickelten Streifen Zinnfolie mit zwischenliegendem Papier sey empfindlicher, als die Multiplicatoren von Metalldraht; allein dieses beruht wohl nur auf Täuschung, da die geringe Menge von Elektricität, die bei der Anwendung feiner Multiplicatoren wirksam ist, auch durch feine Drähte fortgeleitet werden kann, weswegen man bei der Anwendung von diesen den Vortheil der mehrern Windungen und der bessern Leitungsfähigkeit des Kupfers gewinnt. Ausserdem pflegt man nur einen einzigen Draht anzuwenden und dessen einfache Enden mit den Elektromotoren zu verbinden, Pouillet[3] will jedoch gefunden haben, dass es weit vortheilhafter sey, statt eines einzigen Drahtes von 300 Fuss Länge deren 5, jeden von 60 Fuss

1 G. LXXIII. 366.

2 Journ. of Roy. Inst. N. IV. p. 181. Aus Silliman Amer. Journ. N. XX. p. 201.

3 Élémens de Physique expérimentale et de Météorologie. Par. 1828. T. I. p. 695.

Länge zu nehmen und die Enden aller in einen einzigen dickeren (durch Anlöthen) zu vereinigen. Die Ursache der Verstärkung liegt darin, dafs der Leitungswiderstand mit der Länge wächst, mit dem Durchmesser aber abnimmt, jedoch nicht insoweit, dafs z. B. ein Draht von fünffacher Dicke auch eine fünffache Spannung erhielte oder die n fache Länge eine n fache Verminderung gäbe, weil sonst keine Multiplication möglich seyn würde. Ist aber der Draht von hinlänglicher Dicke, um die gesammte erzeugte Elektricität fortzuleiten, und erhält der Multiplicator die nämliche Anzahl Windungen durch die fünf vereinten Enden, so wird auf jeden Fall der durch die Länge erzeugte Widerstand vermieden und der Apparat mufs eine gröfsere Empfindlichkeit zeigen, worüber jedoch unten noch ausführlicher gehandelt werden soll.

Zuweilen ist es, selbst bei der Anwendung eines Multiplicators, erforderlich, dafs die Magnetnadel in derjenigen Lage bleibe, welche sie durch die richtende Kraft der Erde annimmt, z. B. bei den elektromagnetischen und den durch Induction bewegten *Telegraphen;* verlangt man aber die schwächsten elektrischen Ströme durch die Bewegungen der Magnetnadel vermittelst des Multiplicators aufzufinden, so ist es besser, wenn der erzeugte Magnetismus nicht nöthig hat, die Kraft des tellurischen zu überwinden. Dieses kann zwar durch einen andern genäherten Magnet geschehn, welcher die richtende Kraft des tellurischen Magnetismus gerade aufhebt, am einfachsten und sichersten aber wird es durch Anwendung der *Nobili'schen Doppelnadel*[1] erreicht. Zu diesem Zwecke ver- Fig.
einigt man zwei möglichst gleiche Nadeln S'N', NS an einer 355.
gemeinschaftlichen Axe a b so, dafs ihre Axen in einer Ebene liegen und ihre freundschaftlichen Pole einander gegenüber stehn. Sind beide einander so vollkommen gleich, als geübte Künstler sie leicht herstellen können, und hat man sie auf gleiche Weise magnetisch gemacht, so werden sie um so mehr eine gleiche magnetische Kraft haben und beibehalten, als die Pole sich gegenseitig binden, und da der tellurische Magnetismus sie nach entgegengesetzten Seiten zu richten strebt, so werden sie durch diesen in keiner Lage bleibend festgehalten, kommen vielmehr in jeder willkürlichen zur Ruhe und sind

1 Vergl. *Sideroskop*.

dann im strengsten Sinne *astatisch.* Gesetzt aber, es wäre auch ein kleines Uebergewicht der einen Nadel über die andere vorhanden, so ist dieses meistens so unbedeutend, dafs es füglich vernachlässigt werden kann, oder man hilft dadurch nach, dafs man eine magnetisirte feine Nähnadel mit der Spitze in die Axe ab steckt oder mit etwas Wachs daran befestigt, um durch gehörige Richtung derselben das Uebergewicht der einen Magnetnadel zu compensiren. Ist dann eine solche Nadel an einem Coconfaden aufgehangen, so genügt zur Ueberwindung ihrer Trägheit die geringste Kraft und der Apparat wird ein unbestimmbar feines Elektroskop.

Gröfsere Nadeln haben den Vortheil der stärkern magnetischen Kraft, die dann durch den erzeugten Magnetismus des Multiplicators leichter afficirt wird, wogegen sie aber durch die gröfsere zu bewegende Masse unempfindlicher werden, so dafs daher die kleinern insbesondere dann den Vorzug verdienen, wenn blofs momentan wirkende magnetische Strömungen gemessen werden. Nobili's[1] feiner Apparat hatte zwei Nadeln von 22 Lin. Länge, 0,25 Lin. Dicke, 3 Lin. Breite in der Mitte und 5 Lin. von einander abstehend. Statt der flachen Nadeln kann man auch Stahlcylinder von etwa 0,3 Lin. Dicke anwenden, die aber nicht durchbohrt werden können, weswegen man das tragende Stäbchen von Holz, Elfenbein oder Metall, woran sie befestigt sind, durchbohrt und sie durch die Oeffnungen steckt. Bei der angegebenen Dicke, die bis 0,25 oder selbst 0,1 und noch darunter vermindert werden kann, sind sie meistens 2,5 bis 1,5 Zoll lang. Zum Aufhängen des sie tragenden Stäbchens verwendet man meistens einen Coconfaden; es würde auch der Faden einer Kreuzspinne genügen, allein ein hierzu geeigneter ist nicht allezeit zu haben und schwer zu befestigen. Am besten nimmt man daher ungezwirnte Knopfmacherseide, schneidet einen Faden von mehr als genügender Länge ab, bläst das eine Ende desselben auf, bis die einzelnen Fädchen getrennt erscheinen, ergreift bei vielem Lichte eins derselben, hält es fest und schiebt die übrigen Fädchen an ihm herab, auf welche Weise man Längen von 3 und mehrern Fufs erhalten kann. Das freie Ende

1 Schweigger's Journ. Th. XLV. S. 249. Biblioth. univ. T. XXIX. p. 119.

steckt man durch die Oeffnung eines kleinen Häkchens von feinem Silberdraht und schlingt es in einen Knoten, welches bei gehöriger Geschicklichkeit ungleich leichter bewerkstelligt wird, als man sich wegen der Feinheit des Fädchens vorstellt. Alsdann macht man von dem einzelnen Fädchen durch Herabschieben der übrigen ein so langes Ende frei, als man bedarf, schürzt dicht hinter seinem Eintritt in den Rest der Fädchen einen Knoten, um die vereinten Fäden besser manipuliren und festbinden zu können, hakt das andere Ende des herabhängenden Häkchens in eine am Träger der Nadeln vorher befestigte Schleife und hängt dann das Ganze auf die geeignete Weise auf. Um einen so construirten Apparat anschaulicher zu machen, seyen n s, n′s′ die beiden Nadeln, a b der Multiplicator, dessen beide Enden z, k von Seide entblöſst mit den Elektromotoren in Verbindung gesetzt werden, α das kleine Häkchen mit der Schleife, in welcher es eingehakt ist, eine krummgebogene Metallstange oder Glasstange $\beta\gamma$ dient als Träger und diese kann oben bei β ein bloſses Häkchen haben, über welches die vereinten Fäden gezogen und mit etwas Wachs am untern Ende der Tragstange befestigt werden, während das einfache Fädchen erst unterhalb dieses Häkchens anfängt. Am obern Ende der Tragstange kann auch ein Röllchen angebracht, der Faden über dieses gezogen und unten um eine drehbare Walze im Fuſsbrete gewickelt werden, um ihn durch Umdrehn der letzteren nach Belieben zu verlängern oder zu verkürzen. Ueber dem Multiplicator wird dann eine mit Kreistheilung versehene Scheibe, meistens von dickem, steifem und sehr weiſsem Papiere, befestigt, über welcher die obere Nadel sich dreht, deren Spitze zugleich als Zeiger dient.

Fig. 356.

Aus den bekannten Gesetzen des Elektromagnetismus folgt, daſs die Nordspitze der Magnetnadel, wenn sie, nach den oben angegebenen Bestimmungen, unterhalb des Rheophors frei schwebend durch den elektrischen Strom östliche Abweichung erhält, oberhalb desselben westliche erhalten muſs, und da beide Bewegungen einander entgegengesetzt sind, so darf man nur oberhalb des Rheophors die Südspitze der Nadel anbringen, wenn sich die Nordspize unterhalb befindet, damit beide nach der nämlichen Seite abgelenkt werden, worauf dann die Verstärkung der Wirkung auf die astatische Doppel-

nadel beruht. Lebaillif ging jedoch noch weiter, wie Pouillet[1] beschreibt, und construirte den bereits erwähnten Multiplicator aus fünf vereinten Drähten, jeder von 60 Fuſs Länge.
Fig. 357. Nach der Zeichnung waren diese um einen hölzernen Rahmen gewunden, von den vier in einer Ebene liegenden Nadeln aber befinden sich zwei mit gleichen Polen in der Mitte, die beiden äuſsersten aber haben eine unter sich gleiche, der der mittleren entgegengesetzte Richtung der Pole. Auſserdem ist die Scheibe mit der Kreistheilung über den oberen Windungen befestigt und ein an dem verticalen Träger der sämmtlichen Nadeln befestigter Zeiger giebt die Winkel der erzeugten Abweichung an. Als eine Kleinigkeit kann noch erwähnt werden, daſs ein im Träger verschiebbarer Stift S dazu dient, die Nadel um eine Kleinigkeit höher oder niedriger zu heben. Pouillet erwähnt zwar, daſs dieser Apparat ausnehmend empfindlich sey, dennoch aber scheint die Einrichtung nicht vortheilhaft und ist auch nicht in allgemeineren Gebrauch gekommen. Allerdings gewinnt man auch die Wirkung von der untern Seite der Windungen, dagegen aber haben die vier Nadeln auch eine gröſsere Masse und die gleichnamigen, einander so nahen Pole der mittleren Nadeln wirken wechselseitig schwächend auf einander. Besser würde es seyn, eine mittlere Nadel von genau doppelter magnetischer Kraft mit zwei äuſsern zu verbinden, was jedoch nur mit Mühe erreicht wird. Nobili[2] verwirft übrigens beide Einrichtungen, die von Becquerell[3] angegeben worden sind, indem er durch Versuche gefunden zu haben behauptet, daſs die Galvanometer mit vier Nadeln keineswegs empfindlicher seyen, als die mit zweien, und behauptet, daſs die zusammenhängende Länge des nicht getheilten Drahtes dem elektrischen Strome kein meſsbares Hinderniſs entgegensetze.

Wollte man vier Nadeln in Anwendung bringen, so würde dieses am besten durch die doppelt gewundenen Multiplicatoren möglich werden. Bei diesen, gleichfalls durch Schweigger[4] angegebenen, läuft der übersponnene Kupferdraht von

---

1 A. a. O. p. 695.
2 Giornale di Fisica T. VI. Bim. V. 1825.
3 Ann. Ch. Phys. T. XXXV. p. 118.
4 Dessen Journal Th. XLV. S. 254.

A nach B, C, D, E, F, G, H, dann weiter nach A zurück, Fig. um die zweite Windung zu beginnen. Die beiden Magnet- 358. nadeln befinden sich zwischen den Windungen, aber man begreift bald, daſs auch oben und unten noch eine Nadel mit entgegengesetzten Polen angebracht werden könnte, so daſs dieser Multiplicator im eigentlichsten Sinne mit doppelter Kraft, als der einfache, wirken müſste, um so mehr, als die von C nach F und von G nach B laufenden Windungen auf die beiden mittlern Nadeln zugleich wirken, wodurch die aus der gröſsern Länge des Drahtes entstehende Schwächung sicher aufgehoben wird, ohne daſs es jedoch wegen des minder genau bestimmbaren Abstandes möglich ist, hierüber eine scharfe Rechnung aufzustellen.

Die Verfertigungsart der Multiplicatoren kann man sich zwar leicht abstrahiren, jedoch dürfte es nicht überflüssig seyn, sie hier etwas näher zu beschreiben. Vor allen Dingen ist erforderlich, gut übersponnenen Kupferdraht[1] anzuwenden, bei welchem die Seide nicht rauh ist, weil sonst die hervorstehenden feinen Fäserchen die Bewegung der Nadel leicht hindern. Auſserdem muſs man dahin sehn, daſs der Draht nicht durch einen feinen Knoten bloſs zusammengeschürzt ist, weil sonst die zwischenliegende Seide den Fortgang des elektrischen Stromes hindert. Trifft man solche Knötchen, so muſs man sie lösen, die Enden etwas von der Seide befreien und wieder zusammenlöthen. Dieses geschieht sehr einfach, indem man die dicken Drähte erst etwas flach klopft, was bei den feinen nicht wohl angeht, dann die äuſsersten Enden mit einem Messer etwas blank schabt, demnächst in einen dünnen Brei von geschabtem Salmiak und Olivenöl oder in Salmiakwasser taucht oder mit einem Hölzchen etwas von der Flüssigkeit aufträgt, dann das Ende in eine Weingeistflamme hält und, sobald es heiſs genug ist, mit einem kleinen Stängelchen Zinn darüber hinfährt. Es wird dann etwas Zinn darauf haften, worauf man es sogleich aus der Flamme zieht,

1 Man nennt diesen *cuivre rouge*, kann statt dessen jedoch auch den sogenannten Silberdraht (übersilberten Kupferdraht) anwenden; jedoch ist ersterer, als wohlfeiler, vorzuziehn. Er ist gegenwärtig in allen erforderlichen Dicken überall leicht zu haben, namentlich in Nürnberg bei Hartmann sel. Erben und a. a. O.

weil sonst der Ueberzug von Zinn verbrennt, da die Hitze des Drahtes nur so stark seyn darf, daſs das Zinn darauf schmilzt. Haben beide Enden einen Ueberzug von Zinn erhalten, so legt man sie auf einander, hält sie nur einen Augenblick in die Weingeistflamme, bis das Zinn flüssig ist, und löscht dann die Flamme schnell durch Blasen aus, um die auf einander liegenden Drähte beim Herausziehn nicht zu trennen. Ist die Löthung gut gerathen, in welchem Falle man die Drähte mit einiger angemessener Gewalt nicht von einander zu reiſsen vermag, so kann man meist die bloſs zurückgeschobene Seide von beiden Seiten wieder über die Löthstelle schieben, obgleich diese auch unbedeckt bleiben kann, da sie durch die Seide der übrigen Lagen hinlänglich isolirt wird. Ist man demnach gesichert, daſs der zu verwendende Draht ein metallisches Continuum bildet, so bedarf es für die einfachen Multiplicatoren bloſs eines kleinen Bretes, welches ungefähr die Länge des Multiplicators hat und eine Dicke von etwa 2 bis 3 Linien, um welches der übersponnene Draht so oft geschlungen wird, als der Multiplicator Windungen haben soll. Um zwischen den oberen Windungen die Oeffnung zu erhalten, in welcher der Träger der Nadel frei schwebt, steckt man in der Mitte des Bretchens in ein hierzu gebohrtes Loch einen kurzen hölzernen Cylinder und windet den Draht abwechselnd auf der einen und der andern Seite desselben. Weil man den Draht stark anziehn muſs, damit der Multiplicator flach genug werde, so ist er schwer vom Bretchen abzuziehn, noch schwerer aber läſst er sich mit Seide umschlingen, und es ist daher gut, an jede der schmalen Seiten des Bretchens ein kleine Leiste zu legen, deren eine man nach Beendigung der Windungen herauszieht, um die einzelnen Drähte durch umwickelte Seidenfäden festzuhalten, worauf dann eben dieses Verfahren bei der andern Seite angewandt und zuletzt der so fest umschlungene Multiplicator, nach Wegnahme des hölzernen Stäbchens, von dem Bretchen abgezogen wird. Bei der Verfertigung eines doppelten Multiplicators bedient man sich auf gleiche Weise zweier Bretchen, deren oberes auf den hölzernen, im unteren festsitzenden Cylinder in erforderlicher Entfernung gesteckt wird.

Hachette's[1] Multiplicator unterscheidet sich von allen

1 Poggendorff Ann. XXVII. 561.

übrigen und ist auf ein ähnliches Princip gegründet, als worauf das Elektrometer von BEHRENS und BOHNENBERGER beruht. Ein Metalldraht, durch welchen der elektrische Strom strömt, ertheilt dem weichen Eisen einen stärkern Magnetismus, als er selbst hat. Ist gleich dieser Satz wohl noch nicht ganz eigentlich erwiesen, so unterliegt es doch keinem Zweifel, dafs man durch Vervielfältigung der Windungen zu dem gewünschten Resultate gelangen könne. Hiernach windet HACHETTE den Leitungsdraht des elektrischen Stromes um einen hufeisenförmigen Draht von weichem Eisen und läfst die Schenkel des letzteren auf eine Magnetnadel wirken. POGGENDORFF bemerkt mit Recht, dafs eine einfache, auf einer Spitze balancirte Nadel keine so grofse Feinheit geben könne, als eine Doppelnadel am Seidenfaden, und hiernach läfst sich wohl nicht bezweifeln, dafs sich auf dem vorgeschlagenen Wege der höchste Grad von Empfindlichkeit erreichen liefse, wenn man diese beiden Hülfsmittel anwenden könnte, ohne dabei durch den Einflufs der Anziehung, welchen die Schenkel des hufeisenförmigen Drahtes auf die Spitzen der Magnetnadeln ausüben, gehindert zu werden.

Der Multiplicator von DEMONFERRAND, welchen v. GOETHE[1] erwähnt, zeichnet sich durch nichts bemerkenswerthes aus; sofern aber hier auch von Galvanometern als Mefswerkzeugen der Stärke der galvanischen Elektricität die Rede ist, mufs das *Volta-Elektrometer* wenigstens genannt werden, um so mehr, da der berühmte FARADAY[2] ihm diesen Namen gegeben hat. Es werden damit alle diejenigen Apparate bezeichnet, vermittelst deren man die Stärke des elektrischen Stromes aus der Menge des in einer gegebenen Zeit zerlegten Wassers bestimmt.

Noch verdient hier eine Verbesserung der Multiplicatoren erwähnt zu werden, die sich bei den von BERTLING zu Berlin für die Melloni'schen thermoelektrischen Säulen verfertigten, bei dem später zu beschreibenden Multiplicator von NERVANDER und bei einigen andern angebracht findet. Da die eigentlich astatischen Nadeln nicht leicht einen festen Stand

---

1 Zur Naturwissenschaft. Heft II. S. 214.

2 Dessen Abhandl. §. 565. u. 704. Poggendorff Ann. XXXIII. 150. 316.

annehmen, ihre Axen aber für die stärkste Wirkung mit der Richtung der Multiplicatordrähte in eine verticale Ebene fallen müssen, so hält es oft schwer, sie in die gehörige Lage zu bringen, weil sie bei den Drehungen der ganzen Apparate meistens in Schwingungen gerathen. Es ist daher vortheilhaft, die Multiplicatoren auf einer im Boden des Tragbretes befindlichen, vermittelst eines unten angebrachten Zeigers um eine verticale Axe drehbaren Scheibe zu befestigen und diese dann in die für die Nadeln geeignetste Lage zu bringen.

Die bisher beschriebene allgemeine Construction der Multiplicatoren hat verschiedene Abänderungen erhalten, von denen ich die wesentlichsten hier angeben werde. Dahin gehört zuerst der sogenannte *Torsions-Galvanometer* von Ritchie[1]. Dieser hatte schon früher[2] einen ähnlichen, auf die Elasticität langer, dünner Glasstäbe gegründeten Apparat angegeben, hielt es jedoch für nöthig, ihn für feine Messungen noch zu vervollkommnen, allein dessen ungeachtet gehört auch der später vorgeschlagene noch zu den minder empfindlichen, wenn man ihn mit denen vergleicht, die seitdem construirt worden sind. Zum Multiplicator räth er mit Siegellack überzogenen Kupferdraht zu nehmen. Um diesen zu verfertigen streckt man den an beiden Enden befestigten Draht, erhitzt ihn vermittelst einer Weingeistlampe und führt die Siegellackstange darüber hin, so bleibt der Ueberzug darauf sitzen. Solchen Draht soll man nach vorhergehender Erwärmung, um das Abspringen zu verhüten, in 6-, 8- bis 10fachen Windungen zu einer rectangulären Figur biegen, je nachdem man eine gröfsere Empfindlichkeit bezweckt, die obern Windungen in zwei Abtheilungen trennen, um für den durchgehenden Träger der Magnetnadel eine Oeffnung von etwa 0,3 Zoll zu erhalten, und an die beiden Enden des Drahtes ein messingnes Röhrchen von etwa 1 Zoll Länge löthen, worin sich zur Herstellung der Verbindung etwas Quecksilber befindet. Der so formirte Multiplicator, nachdem die einzelnen Drähte desselben mit einem Seidenfaden zusammengebunden sind, wird in einen Kasten mit gläsernen Wänden gesetzt, um den Einfluſs

1 Journal of the Royal Institution. N. I. p. 29. Daraus in Wiener Zeitschrift Th. IX. S. 251.

2 Philos. Trans. 1830. p. 215.

des Luftzuges abzuhalten. Man errichtet dann auf einem mit Stellschrauben versehenen Fufsbrete zwei Säulen, befestigt den Multiplicator AB an der geeigneten Stelle zwischen ihnen, verbindet die beiden, etwa 3 Fufs hohen Säulen P, P' oben durch einen Querbalken und befestigt in dessen Mitte den Glasfaden α, β. Letzterer wird erhalten, indem man ein Glasstäbchen oder eine enge Thermometerröhre an der Blaslampe zu einem geeigneten Faden auszieht, wie man ihn unter mehreren leicht von gehöriger Länge und Dicke erhalten wird. Zu den Nadeln nimmt Ritchie Nähnadeln, von denen er die Oehre abbricht, die Spitzen abschleift und die er nach dem Magnetisiren durch einen gedörrten Grashalm ab von etwa 1 Zoll Länge so steckt, dafs sie ungefähr 0,5 Zoll von einander abstehn. Dann wird das eine Ende des Glasfadens in den Grashalm mit Siegellack eingekittet, das andere in den Torsionsschlüssel des obern Querbalkens; an das untere Ende des Trägers der Nadeln wird ein einfacher Seidenfaden mit einem kleinen Gewichte p befestigt und durch das kleine Loch eines kleinen messingnen Winkelhakens n gezogen, um den Träger der Magnetnadeln stets in der Mitte der Oeffnung zwischen den Windungen des obern Theiles des Multiplicators zu erhalten. Die obere Nadel NS trägt an jedem Ende ein aufgestecktes Grashälmchen von einigen Zoll Länge, wovon das eine als Zeiger dient, um die feinsten Drehungen wahrzunehmen, das andere aber sich zwischen zwei Glasstäbchen e, e' bewegt, um zu grofse Drehungen der Nadeln zu vermeiden. Auch der Torsionsschlüssel oben hat einen Zeiger l, welcher sich über einer getheilten Scheibe s, s' bewegt und die Drehungen angiebt, die man dem Glasfaden ertheilt oder die er bei den Drehungen angenommen hat. Ritchie erzählt viele Versuche, die er mit diesem Apparate angestellt hat und aus denen allerdings seine Empfindlichkeit hervorgeht, doch gesteht er, dafs er noch weit empfindlicher wird, wenn man die Nadeln an einem Coconfaden aufhängt.

Fig. 359.

Die Boussole von Marianini[1] ist sinnreich construirt, leistet aber rücksichtlich der Feinheit das nicht, was man

1 Wiener Zeitschrift. Th. IV. S. 42. Aus Esercitazioni scientifiche e letterarie dell' Ateneo di Venezia. T. I. Vergl. Bibl. univ. T. XXXVIII. p. 127.

durch die gewöhnlichen Windungen erreicht, in denen man eine weit gröfsere Zahl von Drähten vereinigen kann und wobei die Nadeln an einem einfachen Seidenfaden hängen. Es hat allerdings seine Richtigkeit, dafs die Drähte an Wirksamkeit verlieren, wenn ihre Axen nicht mehr mit den Nadeln in derselben verticalen Ebene liegen oder wenn die letzteren seitwärts bewegt sind. Um diesem zu begegnen und die bewegte Nadel stets unter einen andern Draht des Multiplicators zu bringen, schliefst MARIANINI den letzteren in
Fig. eine hölzerne, mit einer Glasscheibe bedeckte Büchse ein,
360. statt deren man aber zur Verhütung des Verziehens eine messingne von etwa 5 Zoll Durchmesser und 1 Zoll Höhe mit Stahlschrauben wählen kann[1]. In dieser Büchse befindet sich der, aus der Zeichnung kenntliche, messingne Rahmen, um welchen die in der Mitte sich kreuzenden Windungen des Multiplicators geschlungen sind. In der Mitte der Büchse auf dem Träger gh steht ein verticaler Stahlstift, auf welchem die Magnetnadel fein balancirt ruht, durch deren Hütchen oben ein Löchelchen gebohrt ist, um den durch ein kleines Gegengewicht balancirten Zeiger, welcher am besten aus einer langen und starken Schweinsborste verfertigt wird, durchzustecken. Dieser Zeiger reicht mit seiner Spitze bis zu dem getheilten Gradbogen, wo die Abweichungen der Nadel beobachtet und abgelesen werden. Die beiden Enden des Multiplicators, welche durch die Wandung der Boussole gesteckt und mit zwei Schrauben festgeklemmt sind, so wie die drei Stellschrauben, bedürfen keine weitere Beschreibung. Es leuchtet übrigens ein, dafs diese Boussole ungemein viel empfindlicher gemacht werden könnte, wenn man statt der einfachen Nadel die Nobili'sche Doppelnadel in Anwendung brächte und diese an einem einfachen Seidenfaden aufhinge; eine bedeutende Vermehrung der Windungen ist nicht räthlich, weil sonst in der Mitte eine zu grofse Anhäufung der Drähte entsteht.

Bei den meisten Multiplicatoren bezweckt man blofs, sehr empfindliche Werkzeuge zum Auffinden der schwächsten elektrischen Strömungen zu haben; sie sind eigentlich nur höchst

1 Für sehr feine Versuche mufs selbst Messing und Kupfer wegen eines möglichen schwachen Magnetismus vermieden werden.

feine Elektroskope, Nobili[1] bemühte sich jedoch, sie zu Elektrometern zu erheben und rücksichtlich ihrer Anzeigen vergleichbar zu machen. Weil ich jedoch zweifle, dafs dieser Zweck sich vollständig erreichen lassen wird, so theile ich seine Beschreibung nur abgekürzt mit und ohne die Versuche, die zwar ein sehr günstiges Resultat geben, jedoch blofs darthun, dafs man durch sehr sorgfältiges Experimentiren in der That viel auszurichten vermag. Das für diesen Zweck construirte sogenannte *Galvanometer* besteht aus dem Fufsbrete A A mit drei Stellschrauben *v v v*, auf welchem ein geeigneter hölzerner Rahmen T T mittelst vier Schrauben befestigt ist. Zur Abhaltung der Luft ist in dem Brete eine kreisförmige Vertiefung eingeschnitten, in welcher der Glassturz H H H ruht, um gegen Luftströmungen zu sichern. Die hölzerne Säule D E mit dem Arme E F und der Vorrichtung d g zur Erhöhung und Vertiefung der Nadel, nebst dem Häkchen f, woran der einfache Seidenfaden befestigt ist, sind aus der Zeichnung deutlich. Auf dem Brete befinden sich ferner die 8 messingnen Pflöcke I, II, III ...., um welche die Enden der 4 Multiplicatoren gewickelt sind, konisch und oben mit einer Vertiefung versehn, um ein Tröpfchen Quecksilber aufzunehmen, wodurch die Verbindung zwischen den einzelnen Drähten hergestellt werden kann. Fig. 361.

Bis so weit ist die Construction leicht, aber bei den übrigen Theilen wird sie schwierig, weil diese bestimmte Dimensionen haben müssen. Die Magnetnadel n s wird aus einer Aachener Stricknadel No. 10. genau 83,5 mm lang und $\frac{2}{3}$ mm im Durchmesser verfertigt, und steckt in dem messingnen Cylinder p q, welcher aus zwei zusammengeschraubten Stücken besteht, oben den kleinen messingnen Zeiger i i trägt und am obern Ende mit einem Löchelchen versehn ist, worein der Zapfen 0 pafst, um mittelst desselben die Nadel am einfachen Seidenfaden zu befestigen. Die Höhe des Cylinders beträgt 8 mm, der Durchmesser 2 mm und sein Gewicht mit Nadel und Zeiger 0,79 Gram, das Gewicht der Nadel allein 0,21 Gram und der Abstand zwischen Nadel und Zeiger 12 mm.

---

1 Ann. Chim. et Phys. T. XLIII. p. 146. Wiener Zeitschrift. Th. VIII. S. 70. Poggendorff Ann. XX. 213. Aehnliche Bemühungen von Becquerel s. Ann. Chim. et Phys. T. XXXI. p. 371.

Da wegen der Vergleichung und Messung die Nadeln eine bestimmte magnetische Kraft haben müssen, so nimmt Nobili 50 gleiche Stahlnadeln, magnetisirt sie mit einem starken Magnete bis zur Sättigung und mifst ihre Stärke, indem er eine andere, vollkommen bewegliche, unter ganz gleichen Umständen ihrer Einwirkung aussetzt. Es finden sich dann leicht 4 bis 5 darunter, deren Kraft unbedenklich als gleich gelten kann, auch lassen sich bis 10 gleiche erhalten, wenn man die zu starken vermittelst eines kleinen Magnets wieder etwas schwächt. Hat man so 14 bis 15 gleiche Nadeln erhalten, so hängt man sie auf die angegebene Weise auf, zieht sie bis 30 Grade aus dem magnetischen Meridiane ab und läfst sie schwingen, wobei sie genau 33 Schwingungen in zwei Minuten vollenden und um nicht mehr als höchstens eine Schwingung in dieser Zeit hiervon abweichen müssen, wenn man genau vergleichbare Resultate verlangt. Unter den sämmtlichen Nadeln wählt man diejenige zum wirklichen Gebrauche, welche diese Bedingungen am vollkommensten erfüllt. Nach dieser Methode verfertigte Nadeln würden also bei gleich starken elektrischen Strömen gleiche Abweichungen zeigen und könnten also zur Messung der Stärke derselben dienen, wie auch aus absichtlich angestellten Versuchen hervorging, wobei die erzeugten Abweichungen der Nadeln um nicht mehr als einen halben Grad verschieden waren; jedoch gilt dieses nur bis zu Abweichungen von 60 Graden und die nicht über 30 Grade hinausgehenden geben die genauesten Resultate. Aufser der Gleichheit der Nadeln müssen auch die Drähte der Multiplicatoren und die Gröfse nebst der Anzahl der Windungen gleich seyn, wozu folgende genaue Dimensionen erfordert werden. Der Abstand der äufsern Seiten der beiden Riegel des umwundenen Rahmens T T beträgt 90 Millimeter, die Breite desselben 11 und die Höhe 13 Millimeter. Ueber dem Rahmen liegen zwei 2,5 Millim. hohe Unterlagen, auf denen die Platte mit einer Oeffnung in der Mitte zum Herablassen der Nadel und mit dem getheilten Kreise CC ruht; auch sind die Unterlagen etwas gewölbt, um die Multiplicatordrähte auf beiden Seiten der Oeffnung getrennt mit einem Seidenfaden darauf zu befestigen. Diese sind, so weit der Rahmen von ihnen umgeben ist, von allen 4 Multiplicatoren zusammengeflochten, so wie sie aber den Rahmen verlassen, sind sie ge-

trennt und an den Pflöcken I, II, III . . befestigt; das Zusammendrehn derselben geschieht, damit keiner eine zur Einwirkung auf die Magnetnadel günstigere Lage erhalte. Das aus den 4 Drähten gewundene Seil hat 870 Millim. Länge und ist durch die Torsion um 17mm verkürzt; vom Rahmen bis zum Pflocke hat jeder Draht noch 150mm Länge, und ist 140 bis 150mm lang um den Pflock gewunden, so dafs ein jeder ungefähr 1480mm Länge hat. Die Dicke des Drahtes vor dem Ueberspinnen mit Seide beträgt genau 0,5 Millim., auch ist er ausgeglüht, um sich besser winden zu lassen. Endlich ist noch erforderlich, dafs die gleichen Nadeln von den nach der Vorschrift verfertigten gleichen Multiplicatoren mit gleicher Stärke afficirt werden. Dieses wird ohne Schwierigkeit erreicht, wenn man sie durch wechselndes Erhöhen und Erniedrigen gerade in die Mitte des Multiplicators bringt, dessen Einwirkung abnimmt, wenn die Nadel der einen Windung näher gebracht und dadurch gleichzeitig von der andern weiter entfernt wird, was sich ohne Aenderung der Nadel dadurch erreichen läfst, dafs man bei dem nämlichen Strome dieselbe zu derjenigen Höhe erhebt, worin sie die stärkste Einwirkung erhalten. Nobili hat auch auf die an verschiedenen Orten ungleiche Kraft des tellurischen Magnetismus Rücksicht genommen, wonach die festgesetzten 33 Schwingungen in zwei Minuten nicht als ein sicheres Mafs der gleichen magnetischen Kraft bei den anzuwendenden Nadeln dienen können, und er räth daher, die ungleiche Stärke des tellurischen Magnetismus durch einen genäherten Magnet zu compensiren, obgleich für die mittlere Zone Europa's der Unterschied von keinem mefsbaren Einflusse seyn würde. Wäre die ganze Methode übrigens fehlerfrei, so liefse sich dieses Hindernifs am besten beseitigen, wenn man die erforderlichen Schwingungen nach der bekannten Intensität des tellurischen Magnetismus an jedem Orte corrigirte. Da aber die in den isodynamischen Linien ausgedrückte magnetische Intensität nicht blofs die horizontale richtende Kraft des tellurischen Magnetismus, sondern auch die der Neigung enthält, so folgt aus bekannten Gesetzen[1], dafs, wenn die magnetische Intensität zu Florenz, wo die Nadel 33 Schwingungen in zwei

1 S. *Magnetismus*. S. 1132.

Minuten macht, durch I, die Neigung aber durch i bezeichnet wird, beide Gröſsen aber an dem andern Orte durch I' und i' bezeichnet werden, die erforderliche Zahl der Schwingungen = n am letzteren Orte für eine Nadel von gleicher Stärke durch die Formel

$$n = 33 \sqrt{\frac{I'}{I} \cdot \frac{\sec. i}{\sec. i'}}$$

gefunden wird, was wohl auf jeden Fall ein sichereres Verfahren seyn würde, als die durch Nobili angegebene Correction vermittelst eines genäherten Magnetes. Endlich gaben die vier Multiplicatoren dadurch, daſs gleiche Ströme durch einen oder mehrere derselben geleitet wurden, ein Mittel, die Stärke der Strömungen in Graden und Zahlen aufzufinden, die aber nicht weiter als bis 60 Grade gehn und wobei die Stärke für 1 Grad durch 1 ausgedrückt wird. Die hierdurch erhaltenen Gröſsen zeigt die folgende Tabelle.

Tafel der Intensitäten.

1°	1,00	16°	32,18	31°	187,68	46°	604,20
2	2,00	17	36,78	32	206,87	47	645,14
3	3,00	18	41,98	33	227,06	48	688,28
4	4,00	19	47,78	34	248,15	49	733,74
5	5,20	20	54,18	35	270,55	50	781,52
6	6,40	21	61,28	36	293,96	51	832,50
7	7,80	22	69,08	37	318,48	52	886,68
8	9,40	23	77,68	38	344,22	53	944,41
9	11,20	24	87,08	39	371,18	54	1005,69
10	13,20	25	97,67	40	399,36	55	1070,87
11	15,53	26	109,53	41	429,14	56	1139,95
12	18,19	27	122,73	42	460,52	57	1213,33
13	21,19	28	137,10	43	493,62	58	1291,01
14	24,52	29	152,63	44	528,56	59	1373,39
15	28,18	30	169,48	45	565,34	60	1460,47

Bei der Versammlung der Naturforscher und Aerzte zu Stuttgart zeigte Dr. Neeff einen von ihm construirten sogenannten *allgemeinen Multiplicator* vor[1], welcher bestimmt ist,

1 Hr. Dr. Neeff hatte die Güte, mir die folgenden Notizen mitzutheilen; die Zeichnung ist nach einem Exemplare des hiesigen Cabinettes gemacht.

dem jedesmaligen Zwecke leicht und schnell angepafst zu werden, so dafs er für Ströme von geringer Spannung die Nadel nur in wenigen, aber starken Windungen umgiebt, für Ströme von geringer Quantität hingegen in sehr zahlreichen. Bekanntlich fordern Ströme von äufserst schwacher Intensität (= Spannung), z. B. diejenigen, welche die *Seebeck'sche Thermoelektricität* giebt, zu ihrer Versichtbarung einen sehr guten Leiter, weil die Spannung derjenige Factor ist, welcher den Leitungswiderstand überwindet. Da es an diesem hier mangelt, so darf der Leiter nicht lang und nicht dünn seyn; am besten würde sich hierfür also der *Fechner'sche Apparat* eignen, eine breite und dicke Kupferplatte, welche nur eine Windung um die Nadel macht, wobei der Leitungswiderstand bis auf ein Unmerkliches verschwindet. Ströme dagegen von äufserst geringer Quantität, wie z. B. diejenige, welche durch atmosphärische oder Reibungs-Elektricität hervorgebracht werden, oder wie die, welche durch schlechte Leiter kreisen, fordern einen eigentlichen Multiplicator, d. h. eine Vervielfachung durch zahlreiche, um die Nadel gehende Windungen, welche dann aber nicht dick zu seyn brauchen. Wollte man sich für diese verschiedenen Arten verschiedener Mefsapparate bedienen, so würde dieses, abgesehn von andern Uebelständen, der Vergleichbarkeit ausgedehnter Versuche Abbruch thun, mit einer mäfsigen Anzahl Windungen von mittlerer Stärke sich begnügen wäre aber eine halbe Mafsregel, die zu feinen und ausgedehnten Versuchsreihen nicht genügt.

Der für diese verschiedenen Zwecke bestimmte allgemeine Multiplicator besteht aus einem quadratischen hölzernen Kasten AB auf einem Fufsbrete mit drei Stellschrauben *v, v, v.* Fig.
Im Innern des Kastens befinden sich zwei parallele hölzerne 262.
Leisten, auf welche 12 Multiplicatoren so geschoben werden, dafs die beiden mittleren 1,5 bis 2 Lin. von einander abstehn, damit sich der Träger der Magnetnadeln frei dazwischen bewegen könne. Die Multiplicatoren werden durch ein dünnes Bretchen bedeckt, mit einer so grofsen runden Oeffnung in der Mitte, dafs die untere Nadel durch diese zwischen die Windungen der Multiplicatoren gebracht werden kann; der Rand der Oeffnung ist aber mit einem metallenen Ringe versehn, welcher die Kreistheilung enthält, mittelst deren die Grade der Abweichung durch die Spitze der obern Nadel ge-

messen werden. Oben ist der Kasten mit einer wenige Linien eingelassenen Glasscheibe bedeckt, mit einer runden Oeffnung in der Mitte, um die Glasröhre gf darin festzuschrauben, deren obere messingne Fassung in der Mitte mit einer geschlitzten Röhre versehn ist, in welcher der messingne Stift h, der Halter des Coconfadens, woran die Magnetnadel hängt, auf- und abwärts geschoben werden kann. Die Nadel ist eine Nobili'sche Doppelnadel, auf einem Stifte von Kupfer befestigt, an dessen unterem, etwas verlängerten Ende eine 0,5 Zoll hohe, 0,75 Z. breite und 0,5 Lin. dicke verticale Scheibe von Elfenbein als Schwimmer befestigt ist, um die Oscillationen der Nadeln stationärer zu machen, wie sogleich näher bezeichnet werden soll. Die zwölf zu combinirenden Multiplicatoren bestehn aus 2 Lin. breiten, durch Seide isolirten und in sehr excentrischen Ellipsen spiralförmig übereinander gewundenen Streifen von Kupferblech, zwischen deren Windungen sich die eine Nadel bewegt, während die andere über ihnen schwebt. Jedes Ende dieser, etwa 25mal über einander gewundenen Streifen ist mit einem angelötheten Kupferdrahte von fast 1 Lin. im Durchmesser versehn, welche umgebogen und in Oeffnungen mit Quecksilber nach vorhergehender Amalgamirung getaucht werden. Auf dem Fufsbrete vor dem Kasten befinden sich zwei Parallelepipeda von Holz ab, $\alpha\beta$, wovon das untere durch das festgeschraubte Messingblech nm gegen den Kasten gedrückt wird, das obere aber in einer Nuth auf dem untern ruht, so dafs letzteres unter ersterem zur Seite geschoben, dieses aber dann herabgesenkt werden kann, um die sämmtlichen krummgebogenen Drähte mit einem Male aus den Oeffnungen mit Quecksilber zu entfernen oder in diese herabzusenken. Zu gröfserer Deutlichkeit ist die Oberfläche des obern Parallelepipedums oder Klötzchens mit seinen 24 Löchern I und I′, II und
Fig. 263. II′..... besonders gezeichnet. In die Vertiefungen I, II, III....XII sind die krummgebogenen Kupferdrähte gesenkt, welche den Anfang der Kupferstreifen der zwölf Multiplicatoren bilden, in die Reihe der andern I′, II′ III′.....XII′ diejenigen, welche an den Enden derselben durch Löthung festsitzen. Die Vertiefungen werden dann durch hufeisenförmig zusammengebogene kurze Kupferdrähte, wie die der Kupferstreifen, nachdem ihre Enden gleichfalls amalgamirt worden sind, verbunden, und je nach der Art, wie dieses geschieht, ändert

sich die Wirkung des Multiplicators. Man kann nämlich blofs die mittlern Paare VI und VII, VI' und VII' mit einander verbinden, das eine Ende eines vom Elektromotor ausgehenden Drahtes in die Vertiefung VI, das andere in VII' eintauchen, so geht der elektrische Strom durch 2mal 25 sehr vollkommen leitende Windungen, ja er kann auch nur durch einmal fünf und zwanzig Windungen geleitet werden; man kann aber auch mehrere der Vertiefungen der ersten und der zweiten Reihe und zuletzt alle mit einander verbinden, in welchem Falle der Strom durch 1-, 2-, 3-,.... 12mal 25 Windungen, und zwar durch jede einzeln, gleichzeitig geleitet wird. Ganz anders aber ist es, wenn man I' und II, II' und III,..... XI' und XII durch die hufeisenförmigen Kupferdrähte verbindet und den einen Leiter des Elektromotors in die Vertiefung I, den zweiten in XII' einsenkt, in welchem Falle der Strom durch 300 Windungen gehn mufs, wobei kaum zu erwähnen nöthig ist, dafs man bei dieser letzteren Art die Zahl der zu durchströmenden Windungen immer mehr vermindern kann, wenn man die Enden der Leiter in einander näher stehende Vertiefungen senkt, z. B. in III und IV', oder dafs man durch Eintauchen derselben in die geeigneten Vertiefungen die Richtung des Stromes sofort umkehren könne. Endlich findet auch noch eine gemischte Combination statt, wenn man je 2, 3, 4, 6 Vertiefungen auf die erste Weise und diese vereinten dann auf die zweite Weise verbindet.

Dieser im Ganzen sehr sinnreich construirte Apparat scheint mir zwei Mängel zu haben, die sich jedoch mit Beibehaltung des Hauptprincips sehr leicht beseitigen lassen. Zuerst geht nie der elektrische Strom unmittelbar über und unter der Axe der Magnetnadel hin, und man verliert daher für den ersten Augenblick der zu erregenden Bewegung, insbesondere wenn diese auf wenige Grade beschränkt ist, die gröfste Kraftäufserung der Stromes; zweitens aber stehn die äufsersten Windungen so weit von der Nadel ab, dafs kaum noch eine Einwirkung auf dieselbe statt finden kann. Besser würde es daher seyn, in der Mitte nur einen, etwa 4 Lin. breiten Bügel von Kupferblech anzubringen und dessen obern Theil mit einer 2 Lin. weiten Oeffnung in der Mitte zu durchbohren, um den Träger der unteren Nadel hindurchgehn zu lassen, wobei im Fall eines hieran unten zu befestigenden Schwimmers auch

der untere Theil durchbohrt seyn müfste. Hierdurch wäre dann der Fechner'sche Apparat dargestellt. Um diesen Streifen könnten dann rechts und links an jeder Seite etwa 12 Windungen eines dicken Kupferdrahtes gewunden werden, welche mit dem Bügel vereint einen Multiplicator von 13 oder 25 Windungen gäben. Neben diesen liefsen sich dann statt der Multiplicatoren von Kupferstreifen an jeder Seite etwa fünf von abnehmend dünnerem Drahte und zunehmend vermehrter Zahl von Windungen anbringen, um hierdurch zuletzt zu einer sehr bedeutenden Vervielfachung zu gelangen. Behielte man z. B. die gegenwärtige Zahl der Vertiefungen bei, die dann in der Mitte um ein Paar vermehrt werden müfste, so betrüge die Zahl der Windungen der einzelnen Multiplicatoren nach jeder Seite 1, 12, 25, 50, 100, 200, 400, woraus sich die verschiedensten Combinationen von 1 bis 1575 zusammensetzen liefsen.

An den eben beschriebenen Multiplicator und noch mehr an den von Nobili angegebenen schliefst sich zunächst derjenige, welchen Nervander bei der Versammlung der Naturforscher und Aerzte zu Bonn im September 1835 vorzeigte[1]. Er besteht aus einem mit Stellschrauben versehenen Fufsbrete A A, worin seitwärts die Säule B befestigt ist, mit einer Fassung für den Arm C, die zugleich zwei leicht kenntliche Mechanismen bei a und a′ hat, um dem Rohre D D die erforderliche Drehung in der horizontalen Ebene zu geben. Dieses besteht aus einer inwendig geschwärzten Glasröhre, die sich in der Hülse b verschieben läfst, oben aber eine messingne Hülse hat, inwendig mit einem Röllchen am Arme c und auswendig mit der kleinen Winde s, um den Coconfaden auf- oder abzuwickeln. Den Haupttheil des Apparates bildet der hohle Cylinder F d e G, welcher für feine Versuche besser von Holz, als von Messing gemacht und sowohl unten als auch oben mit einer Glasplatte bedeckt wird, deren obere in der Mitte durchbohrt ist, um den Träger der Magnetnadel hindurch zu lassen. Um diese hineinzubringen, dienen die einander gegenüberstehenden Oeffnungen I I. Um

Fig. 364. u. 365.

1 Frorfep Notizen Th. XLVI. S. 103., beschrieben in Ann. Chim. et Phys. T. LV. p. 156.

diesen Cylinder wird der aus zwei mit Seide überspönnenen und zusammengewickelten Drähten bestehende Multiplicator in parallelen Windungen gewickelt. Man fängt hierbei in der Mitte an, läſst die Oeffnung frei, sorgt jedoch dafür, daſs zu beiden Seiten derselben gleich viel Windungen kommen, und damit sich der Draht besser anlege, muſs er vor dem Umspinnen ausgeglüht seyn, auch klebt man die gemachten, sich einander berührenden Windungen mit etwas Mastix (oder in Weingeist aufgelöstem Gummilack) fest, damit sie nicht abgleiten. Hat man die Windungen so weit als möglich, etwa bis zum 46sten Grade der Kreistheilung, bis gegen die Oeffnungen II fortgesetzt, so windet man über diese fertigen Lagen wieder rückwärts, bis zum Centrum, beginnt dann eine abermalige Umwickelung, setzt diese Operation so lange fort, bis die verlangte Zahl der Umwindungen vollendet ist, und endigt an beiden Seiten neben den Oeffnungen, dreht die Enden, nachdem sie gehörig befestigt worden sind, von einander und erhält so 4 einzelne Drähte, durch welche der elektrische Strom geleitet werden kann. Der so verfertigte Multiplicator wird auf einen Sockel kkk gestellt, dessen Fuſs in einem messingnen Ringe ff durch das Fuſsbret AA geht und in demselben vermittelst des Hebelarmes g um seine Axe drehbar ist, dessen Ende zugleich die Grade der Drehung auf der Theilung des Fuſsbretes angiebt. Drei Träger LLL sind oben mit Schrauben versehn, um die Platte mit der Kreistheilung anzudrücken. Ist die Nadel in den Cylinder durch die Oeffnungen II gebracht und der sie tragende Kupferdraht durch die Oeffnung M in die Höhe gehoben, so schraubt man sein Ende an den Träger n, wodurch die Nadel am Faden EE herabhängend gemacht wird. Um zu bewirken, daſs sie genau im Centrum des Multiplicators hänge, sieht man durch das Glasrohr DD herab, stellt dieses vermittelst der Mechanismen am Ende der Säule B und verschiebt die Platte HH so lange, bis die Nadel centrirt ist, worauf die Stellungen der Theile unverändert bleiben und bloſs der Multiplicator vermittelst des Hebelarmes g gedreht wird. Uebrigens lassen sich aus dem Verhalten des Multiplicators leicht die Mittel abstrahiren, durch welche man die Drähte des Rheophors in die Richtung des magnetischen Meridians bringt Eins von diesen besteht darin, daſs man den Strom der näm-

lichen Kette durch beide um einander geschlungene Drähte in entgegengesetzter Richtung strömen läfst, wobei man zuerst durch Benutzung des einen und dann des andern einzelnen Drahtes die Integrität beider und dann, da beide in ihrer Wirkung gleich seyn müssen, die Lage der Windungen, parallel dem magnetischen Aequator, prüfen kann, wenn die entgegengesetzten Wirkungen einander aufheben und die Magnetnadel ruht, nachdem zuvor die einzelnen, in entgegengesetzten Richtungen durchströmten Drähte gleiche Abweichungen im entgegengesetzten Sinne gegeben haben.

Die Dimensionen des Instrumentes dürfen nicht grofs seyn, wenn es grofse Empfindlichkeit haben soll. Weil aber dann nicht hinlänglich kleine Theile des Kreises erkennbar sind, so ist an dem Zeiger bei k' eine Scheibe angebracht, auf deren unterem Rande an beiden Seiten sich eine Theilung befindet, und wenn man dann statt der Glasscheibe H einen Spiegel wählt und die Scheibe schräg stellt, so fällt die Theilung auf ihrem Rande mit der des Kreises zusammen und bildet einen Nonius [1]. Diese Scheibe und zugleich auch die Inclination der Nadel kann durch die willkürlich zu verlängernde Spitze K balancirt werden. Durch Drehung der Röhre D in ihrer Hülse zuerst nach der einen und dann nach der entgegengesetzten Seite und der dabei gemessenen Abweichungen der Nadel läfst sich auch der Einflufs der Torsion des Fadens beseitigen, auch kann der Luftzug durch einen Glaskasten oder einen Glassturz abgehalten werden. Bei der Anwendung dieses Multiplicators ergiebt es sich, dafs für die Abweichungen bis zu 30° die Tangenten der Abweichung der Nadel den wirkenden elektrischen Strömen proportional sind, und dieser Apparat würde also als genauer Elektrometer dienen können, wenn man ein bestimmtes Mafs der Stärke eines elektrischen Stromes als Norm auffinden könnte.

Die Oscillationen der an Coconfäden oder Seidenfäden aufgehangenen einfachen und doppelten oder mehrfachen Magnetnadeln sind ausnehmend störend und verlängern die Beobachtungen

---

1 Um gröfsere Grade zu erhalten, könnte man auch den getheilten Kreis vergröfsern und die verlängerte Spitze k als Zeiger gebrauchen.

auf eine unangenehme Weise. Man kann ihnen begegnen, wenn man unten an den Trägern der Nadeln nach der bereits durch Coulomb befolgten Methode ein kleines Scheibchen von Metall oder Elfenbein befestigt und im Wasser schwimmen läſst, in welchem Falle die Nadel auch nach starken Abweichungen sehr bald wieder zur Ruhe kommt.

Bei der Aufzählung der verschiedenen Multiplicatoren muſs auch derjenigen gedacht werden, die man anwendet, um *weiches Eisen in Magnete zu verwandeln*, wobei man gleichfalls die Windungen des Rheophors vervielfältigt und also einen Multiplicator der elektromagnetischen Kraft herstellt. Inzwischen ist dieser Gegenstand schon erschöpfend behandelt worden[1], und es genügt daher hier nur denselben beiläufig zu erwähnen, mit Hinzufügung einiger wesentlichen Erweiterungen, welche dieses Problem durch Dal Negro[2] erhalten hat. Hiernach ist es bei einem weichen, hufeisenförmig gebogenen *Elektromagneten* bei gleicher Länge und Dicke des Rheophors gleichgültig, ob letzterer bloſs um einen oder um mehrere Theile des Hufeisens gewunden worden ist; auch ergab sich kein Unterschied, ob dieselbe Länge des Drahtes im Ganzen oder in zwei Hälften mit der nämlichen einfachen Volta'schen Kette verbunden wurde. Bei Hinzufügung einer zweiten, in die Zwischenräume der ersten gewundenen Spirale stieg die Tragkraft auf $\frac{5}{4}$ und $\frac{4}{3}$, eine dritte gab jedoch bald Vermehrung, bald Verminderung. Zwei Hufeisen, von gleicher Biegung und gleicher Masse, mit gleich langen Drähten umwunden, das eine prismatisch, das andere rund, verhielten sich in ihrer Tragkraft wie 107 zu 1820, der erstere erhielt keine gröſsere Tragkraft durch runde Windungen, der letztere verlor durch viereckige; hohle Cylinder nahmen gar keinen Magnetismus an. Drei Cylinder von gleichem Gewichte, deren Längen im Verhältniſs von 1:2:3 standen, erhielten durch gleiche Rheophore Tragkräfte im Verhältniſs von 5:6:4, so daſs also die Längen ein gewisses Maximum bedingen. Die Politur war ohne allen Einfluſs, die Näherung

---

1 S. Art. *Magnetismus*. S. 661. 701.

2 Aus Annali delle scienze del Regno Lombardo-Veneto. T. I. in Baumgartner's Zeitschr. Th. I. S. 321. Th. II. S. 91. Poggendorff Ann. XXIX. 470.

der Schenkel zeigte einen solchen erst, als sie unter 1 Par. Zoll herabgekommen war. Bei gleichen Elektromotoren wächst die Tragkraft mit dem Gewichte des Eisens, bei stärkeren haben die convexen Anker einen Vorzug vor den flachen, bei schwächeren ist es umgekehrt; auch wird, hauptsächlich bei starken Elektromotoren, die Tragkraft durch stärkere Anker vermehrt. Kupferdrähte erzeugten weit stärkere Magnete als eiserne, und wenn Moll[1] das Gegentheil fand, so lag dieses ohne Zweifel an sonstigen Umständen, vermuthlich an der Isolirung, da es vortheilhaft ist, das zu magnetisirende Eisen mit Seide zu umwickeln. Uebrigens haben nicht bloſs Andere, sondern es hat auch Dal Negro bei diesen seinen Versuchen die bessern Leitungsfähigkeiten des Kupfers über das Eisen dargethan, so wie auch den minder bekannten und wohl noch zweifelhaften Satz, daſs die Hufeisen nicht bei der ersten, sondern erst bei den folgenden Magnetisirungen die gröſste Tragkraft erhalten.

Bei den Multiplicatoren verdient noch ein Apparat erwähnt zu werden, welcher durch Sturgeon sehr sinnreich dem bekannten Rotationsapparate von Faraday nachgebildet worden ist[2]. Dieser besteht aus einem runden Stabe weichen Eisens a a, unten in einem hölzernen Fuſse und oben in die hölzerne Schale b b eingekittet. Die inwendige Seite der Schüssel und des in ihr hervorragenden Stabes ist mit Firniſs überzogen. Ein mit Seide umsponnener oder sonst isolirter Draht ist um den Eisenstab gewunden, sein oberes polirtes und amalgamirtes Ende c reicht in das Quecksilber in der oberen Schale, sein unteres, auf gleiche Weise zugerichtetes, trägt ein kleines hölzernes Schälchen mit Quecksilber. Im Rande des obern Gefäſses ist der rechtwinklig gebogene Träger eines zweiten Schälchens g mit etwas Quecksilber angebracht, aus welchem der oben amalgamirte, unten aber blank geschabte und umgebogene Draht f herabgeht, woran ein zweiter h mit seiner amalgamirten Spitze in das Quecksilber der Schale reichender hängt. Werden die beiden Enden einer einfachen Volta'schen Kette in das Quecksilber der

Fig. 366.

1 Poggendorff Ann. XXIV. 636.

2 Aus Philos. Mag. and Annals. T. XI. p. 194. in Poggendorff's Ann. XXIV. 632. Vergl. *Elektromagnetismus*. Bd. III. S. 563.

Näpfchen d und g gesenkt, so wird der Eisenstab zum Magnete und der Draht f umkreist das Ende desselben. Die Richtung dieser Umkreisung wird nur umgekehrt, wenn man dem Drahte eine entgegengesetzte Umwindung giebt.

Bei der aufserordentlichen Empfindlichkeit der Multiplicatoren sowohl gegen hydroelektrische als auch thermoelektrische Ströme, die gewifs jeden Physiker überrascht, war es eine interessante Frage, ob der Apparat in dieser Beziehung dem gleichfalls so äufserst empfindlichen Froschpräparate vorzuziehn sey. Nobili[1] hat die Beantwortung derselben durch eine Reihe genauer Versuche unternommen, wodurch er zu folgenden Resultaten gelangt ist. Für den Strom der trocknen Säule ist sowohl der Multiplicator als auch das Froschpräparat unempfindlich. Der Strom der Maschinen-Elektricität, welcher auf das Froschpräparat so kräftig wirkt, läfst die Multiplicator-Nadel völlig in Ruhe, jedoch wufste Nobili, dafs Colladon[2] vermittelst einer Batterie von 4000 Quadratzoll Belegung, indem er das eine verlängerte Ende des Multiplicators mit der äufsern Belegung in Verbindung brachte und das andere der inneren näherte, eine Ablenkung der Nobili'schen Nadel bis 23° bewirkte und auch mit einer blofsen Scheibenmaschine von 5 Fufs Durchmesser eine Abweichung von 4° erhielt, die bedeutend vergröfsert wurde, als er einen Multiplicator von 500 sehr gut isolirten Windungen anwandte. Bei einer Wiederholung dieser Versuche erhielt Faraday[3] ganz gleiche Resultate, so wie Nörremberg[4] und Andere. Auch die atmosphärische Elektricität wirkte auf die Multiplicatoren von so zahlreichen Windungen, Peltier aber mafs dieselbe neuerdings mit Multiplicatoren von 1000 bis 2000 Windungen. Läfst man einen thermoelektrischen Strom durch den präparirten Frosch und zugleich durch den Multiplicator strömen, so bleibt die Nadel des letztern in völliger Ruhe,

1 Biblioth. univ. T. XXXVII. p. 10. Ann. Chim. et Phys. T. XXXVIII. p. 225. Poggendorff Ann. XIV. 157.

2 Ann. Chim. et Phys. T. XXXIII. p. 62. Poggendorff Ann. VIII. 336. Schweigger's Journ. Bd. XLVIII. S. 285. Vergl. oben *Magnetismus.* S. 697.

3 Poggendorff Ann. XXIX. 284.

4 Wiener Zeitschrift. Th. III. S. 257.

während der Frosch in lebhafte Zuckungen geräth, und jener scheint daher diesem nachzustehn; allein Nobili gesteht doch selbst zu, dafs dieses Resultat blofs eine Folge der gehinderten Leitung ist, indem vielmehr die geringsten thermoelektrischen Ströme, sobald sie einen blofsen metallenen Bogen durchlaufen und also in ihrem Fortgange nicht gehindert werden, eine merkliche Ablenkung der Multiplicatornadel bewirken. Hierfür bleibt also die Magnetnadel das empfindlichste Galvanometer, obgleich das Froschpräparat sich empfindlicher zeigt, sobald Leiter der zweiten Classe sich mit im Kreise des elektrischen Stromes befinden. Hiernach räth also Nobili, bei der aufserordentlichen Feinheit des Multiplicators und der grofsen Bequemlichkeit desselben, das Froschpräparat für hydroelektrische Ströme noch beizubehalten, wenn es auch für thermoelektrische so weit nachsteht, dafs es wegen der Schwierigkeit im Gebrauche für ganz entbehrlich zu halten ist.

Nobili hat die in der oben mitgetheilten Tabelle enthaltenen Intensitäten empirisch gefunden und dabei vorausgesetzt, dafs durch einen zweiten und dritten u. s. w. Rheophor eine 2-, 3- . . . nfache Verstärkung der Wirkung statt finde. Der von ihm angegebene Multiplicator würde ein für viele Aufgaben sehr nützlicher Apparat seyn, dürfte man voraussetzen, durch genaue Befolgung der aufgestellten Regeln bei seiner Verfertigung ein eigentlich messendes Galvanometer zu erhalten. Es bleiben aber immer noch einige sehr wichtige Fragen zu beantworten übrig, die zum Verständnifs der durch die Multiplicatoren gegebenen Resultate und für ihre Construction von gröfster Wichtigkeit sind, nämlich über das Verhältnifs der Ablenkungswinkel zur Stärke des elektrischen Stromes und über die Zunahme der Kraft durch Vermehrung der Windungen mit gehöriger Rücksicht auf den Abstand der Drähte von der Nadel. Wir haben auch hierüber bereits treffliche Erläuterungen erhalten. Zuerst verdienen in dieser Hinsicht die Bemühungen von Kämtz[1] genannt zu werden. Heifst die Kraft des Erdmagnetismus M, die magnetische Kraft der Nadel, deren Länge = 1 gesetzt, m, der Winkel, um welchen sie aus dem magnetischen Me-

1 Schweigger's Journ. Bd. XLVIII. S. 100.

ridiane abgelenkt ist, c, so ist nach HANSTEEN[1] die Kraft, womit sie in ihre Lage zurückgezogen wird,

$$\text{Mm Sin.c}$$

und diese mufs durch die Repulsion des Multiplicators überwunden werden. Hierbei sind zwei Fälle zu unterscheiden, zuerst wenn der Multiplicator mit der Axe der Magnetnadel in einer verticalen Ebene liegt oder wenn beide einen Winkel mit einander bilden. Es sey NS die Richtung des Rheophors im magnetischen Meridiane, ns die der seitwärts getriebenen Nadel. Heifst dann E die magnetische Kraft, so wirkt diese in der Richtung DE auf die Nadel und läfst sich in die perpendiculäre DG und in GE zerfällen. Es ist dann Fig. 367.

$$DE : DG = 1 : \text{Cos. } EDG$$

oder

$$E : DG = 1 : \text{Cos.c},$$

also

$$DG = E . \text{Cos.c}.$$

Gegen diese Kraft reagirt die Nadel mit der Kraft = m, und da DE = Sin. c, die Stärke der Abstofsung des Rheophors aber dem Abstande umgekehrt proportional ist[2], so erhält man den Ausdruck für die gesammte Kraft = k, womit der Elektromagnetismus des Drahtes und der Magnetismus der Nadel auf einander wirken,

$$k = Em . \frac{\text{Cos. c}}{\text{Sin. c}} = Em \text{ Cot. c},$$

und wenn dann die Nadel in ns zum Stillstande kommt, so ist

$$\text{Mm Sin.c} = \text{Em Cot.c},$$

woraus

$$E = \frac{\text{Sin. c}}{\text{Cot. c}} M = E \text{ Sin.c Tang.c } M \ldots\ldots A.$$

Bildet der Rheophor mit dem magnetischen Meridiane einen Winkel KCN = d, so ist für die drei in den Zeichnungen ausgedrückten Fälle Fig. 368. bis 370.

1 Ueber den Erdmagnetismus. Th. I. S. 130.

2 S. *Elektromagnetismus*. Bd. III. S. 521.

$$E = \text{Sin.}\,c\ \text{Tang.}(c-d)M \ldots . B$$
$$E = \text{Sin.}\,c\ \text{Tang.}(d-c)M \ldots . C$$
$$E = \text{Sin.}\,c\ \text{Tang.}(c+d)M \ldots . D.$$

Diese Gleichungen sind nur in dem Falle streng richtig, wenn der Rheophor und die Nadel in der nämlichen horizontalen Ebene liegen, können jedoch auch bei einem geringen Abstande beider füglich angewandt werden, insbesondere wenn es bei gleichen Abständen blofs um vergleichende Versuche zu thun ist. Will man jedoch diesen Abstand, welcher, in dem als Einheit angenommenen Masse der Magnetnadel ausgedrückt, x heifsen möge, gleichfalls berücksichtigen, so verwandeln sich die obigen vier Formeln in folgende:

$$E = \frac{\text{Sin.}\,c}{\text{Cos.}\,c} \sqrt{(x^2 + \text{Sin.}^2\,c)}\ M \ldots . A',$$

$$E = \frac{\text{Sin.}\,c}{\text{Cos.}(c-d)} \sqrt{(x^2 + \text{Sin.}^2(c-d))}\ M \ldots . B',$$

$$E = \frac{\text{Sin.}\,c}{\text{Cos.}(d-c)} \sqrt{(x^2 + \text{Sin.}^2(d-c))}\ M \ldots . C',$$

$$E = \frac{\text{Sin.}\,c}{\text{Cos.}(c+d)} \sqrt{(x^2 + \text{Sin.}^2(c+d))}\ M \ldots . D'. -$$

Kämtz benutzte diese Formeln zur Berechnung einer Reihe von Versuchen, wobei er 1, 2, 3, 4, 5, 6, 26 Windungen des Rheophors anwandte, und erhielt dadurch das wichtige Resultat, dafs die abstofsende Kraft der Zahl der Windungen direct proportional ist, wonach also der Multiplicator füglich als *Condensator* gelten kann. Inzwischen erstrecken sich diese Versuche nur bis auf 26 Windungen und auf den durch die einfache Volta'sche Kette erzeugten elektrischen Strom, nicht aber auf den der Reibungselektricität und den thermoelektrischen, was sehr leicht daraus erklärlich wird, dafs jenem Gelehrten die neueren, in diesem Gebiete gemachten Erfahrungen damals noch nicht bekannt seyn konnten. Colladon[1] fand schon bei seinen oben erwähnten Versuchen, dafs der thermoelektrische Strom, selbst bei einer

1 Schweigger's Journ. Bd. XLVIII. S. 287.

Differenz der Temperaturen von 1000° C., einen Multiplicator von 500 Windungen nicht durchdrang, und dafs eine Säule von 24 Plattenpaaren von 0,5 Quadratfufs nur 20° Ablenkung, also weniger, als die Elektrisirmaschine, erzeugte. Hieraus folgt also, dafs die Reibungselektricität durch Drahtlängen gar nicht oder nur unmerklich geschwächt wird, die den Strom aus einer mehrgliedrigen Kette allerdings schwächen und den thermoelektrischen gänzlich vernichten.

Das für die Construction der Multiplicatoren höchst wichtige Verhalten der Leitungsdrähte rücksichtlich des Einflusses ihrer Länge und Dicke ist bereits[1] erörtert, auch ist oben[2] erwähnt worden, dafs Gauss den elektrischen Strom durch eine Drahtlänge von 9000 Fufs geleitet hat. In der That erfüllt es mit freudigem Erstaunen, zu sehn, wie bei den sinnreich angeordneten Vorrichtungen zu Göttingen der elektrische Strom aus einer Kupfer- und Zinkscheibe von 1,5 Par. Zoll Durchmesser mit zwischenliegender, durch reines Wasser befeuchteter Papierscheibe den kolossalen Multiplicator der Sternwarte von 200 Windungen, dann die zum physikalischen Cabinette hinlaufenden und von dort zurückkehrenden Drähte, zugleich auch den kleinern Multiplicator im physikalischen Cabinette durchläuft und die an beiden Orten eingeschlossenen Riesenmagnete ohne mefsbaren Unterschied von Zeit und Kraft in Schwingungen versetzt. Ebendieser Erfolg zeigt sich bei Anwendung der Inductions-Elektricität, die allerdings, als ich den Versuch sah, von zwei nach dem Augenmafse etwa 4 Fufs hohen, 3,5 Z. breiten und 0,75 Z. dicken magnetisirten Stahlbarren genommen wurde. Ob die Inductions-Elektricität auch aus kleineren Stäben in so langen Drähten kein Hindernifs findet, kann ich nicht beantworten. Hieraus geht also hervor, dafs für solche Drahtlängen, als man bei Multiplicatoren anzuwenden vermag, der aus der Länge entspringende Widerstand für Hydroelektricität der einfachen Kette und für Inductions-Elektricität unmerkbar ist, welches Letztere auch Lenz durch directe Versuche erwiesen hat[3]. Ganz

---

1 S. *Elektromagnetismus.* Bd. III. S. 495.

2 S. *Magnetismus.* S. 972.

3 S. *Magneto-Elektricität.* S. 1193.

anders aber verhält es sich mit der Thermoelektricität, wie am gehörigen Orte gezeigt werden soll.

Bei weitem die gründlichsten, für die Construction und den Gebrauch der Multiplicatoren wichtigen Untersuchungen hat G. S. Ohm angestellt, deren Resultate jedoch bereits mitgetheilt worden sind[1]. Hieraus ergiebt sich in Beziehung auf die Multiplicatoren, daſs in dem Falle, wenn der elektrische Strom der hydroelektrischen Kette durch einen vollkommenen Leiter von hinlänglichem Querschnitte geleitet wird, die durch den Widerstand der Drahtlänge erzeugte Verminderung der Wirkung auf die Magnetnadel selten und nur in denjenigen Fällen wahrnehmbar wird, wenn der Widerstand des feuchten Zwischenleiters sehr gering ist. Dieses gilt wohl um so mehr gegenwärtig, je allgemeiner man den vorzüglich gut leitenden Kupferdraht in Anwendung bringt. Inzwischen ist beim Gebrauche des in jeder Hinsicht so schätzbaren Multiplicators wohl zu berücksichtigen, was Fechner[2] als Resultat eigener und fremder Erfahrungen hierüber sagt und ich am besten mit dessen eigenen Worten mittheile. „Wenn man „die Absicht hat, sich viel mit galvanischen und elektroche„mischen Untersuchungen zu beschäftigen, so ist räthlich, „Multiplicatoren von verschiedener Anzahl Windungen und „verschiedener Dicke des Drahtes vorräthig zu haben, da jede „Art der Kette eigentlich ihren besonders eingerichteten Mul„tiplicator erfordert, damit sie die gröſstmögliche Wirksamkeit „zu erkennen gebe. Es rührt dieses daher, daſs der Multi„plicatordraht selbst als ein Theil in die Kette tritt und daſs „jeder Theil der Kette die Wirksamkeit derselben je nach „dem Verhältnisse modificirt, in dem sein, von Dimensionen „und eigenthümlicher Beschaffenheit abhängiges, Leitungsver„mögen zu dem Gesammtvermögen aller Theile zusammenge„nommen in der Kette steht. Im Allgemeinen muſs die Zahl „der Windungen des Multiplicatordrahtes um so gröſser seyn, „je gröſser die Anzahl der Plattenpaare ist, aus denen die zu

1 S. Art. *Säule*. Bd. VIII. S. 28, wo man auch die Quellen nachgewiesen findet.

2 Lehrbuch des Galvanismus und der Elektrochemie. Leipz. 1829. In: Lehrbuch der Experimentalphysik von Biot. 2te Aufl. Th. III. S. 84. Vergl. *Säule* a. a. O.

„prüfende Kette besteht, wenn man das Maximum der Wirkung erlangen will, ferner je gröfser der Widerstand ist, den „die flüssigen oder andern Leiter gegen den Durchgang des „Stromes in der Kette äufsern. Dagegen wird es um so vortheilhafter seyn, dicke oder mehrere parallele Drähte, aber „keine so grofse Anzahl von Windungen anzuwenden, wenn „man es mit einfachen Ketten von verhältnifsmäfsig gut leitender Flüssigkeit zu thun hat.“ Bei grofsen Platten und stark „leitender Flüssigkeit gewährt sogar ein einfacher dicker Schlie„fsungsdraht eine stärkere Wirkung, als ein Multiplicator (aus „dünnem Drahte) von vielen Windungen.“

M.

Myzogasometer

ist ein von Zenneck[1] angegebener pneumatischer Apparat, welcher, für specielle Zwecke brauchbar, schwerlich allgemein eingeführt werden wird. Der Name dieses speciellen *Gasometers* ist abgeleitet von μύζειν saugen und seine Anwendung findet dann statt, wenn beim Experimentiren mit Gasen keine gröfsere pneumatische Wanne zu Gebote steht. In einfachster Gestalt besteht dieses Gasometer aus einem Cylinderglase, welches, in einen hölzernen Fufs eingekittet, nur etwa 1,5 bis 2 Zoll Durchmesser und 9 bis 10 Zoll Höhe hat. Dasselbe ist bestimmt, die erforderliche Quantität der sperrenden Flüssigkeit (Wasser oder Quecksilber) aufzunehmen, und wird zur Erleichterung der Versuche ein für allemal graduirt. In diesen weiteren Cylinder wird ein kleinerer, gleichfalls graduirter gesenkt, wobei am Rande hinlänglicher Raum bleibt, um die viermal rechtwinklig gebogene Röhre G anzubringen, deren einer verticaler Schenkel ungefähr in der Mitte des kleinen Cylinders bis an dessen Boden reicht. Wird dann am andern Ende gesogen, so steigt die Sperrflüssigkeit im kleinen Cylinder auf, bis er ganz gefüllt ist, die Flüssigkeit fliefst zuletzt in die Röhre und versperrt der äufseren Luft den Eintritt in den Mefscylinder. Beim Experimentiren setzt man das äufsere Ende der Röhre G mit dem Apparate, in welchem das zu untersuchende Gas entwickelt wird, in Verbindung und

Fig. 571.

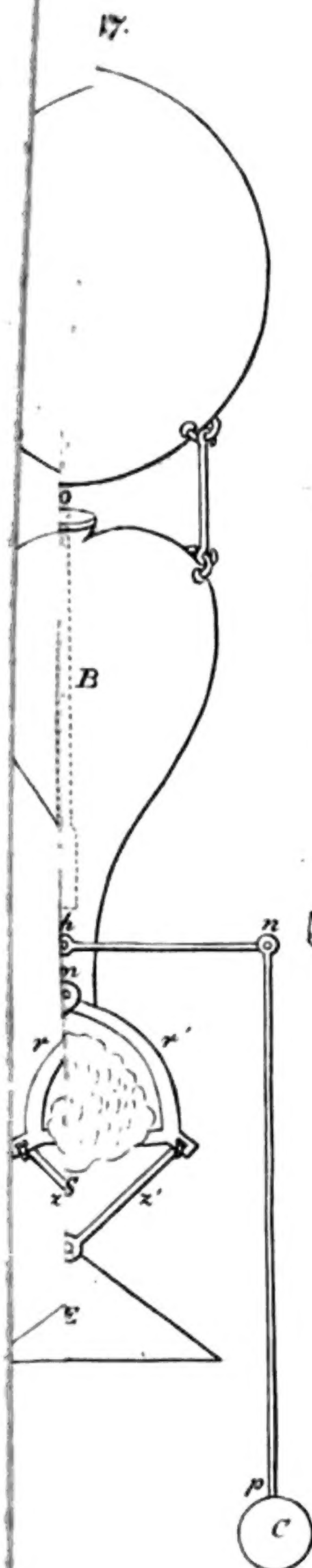
1 Baumgartner's Zeitschrift. Th. I. S. 256.

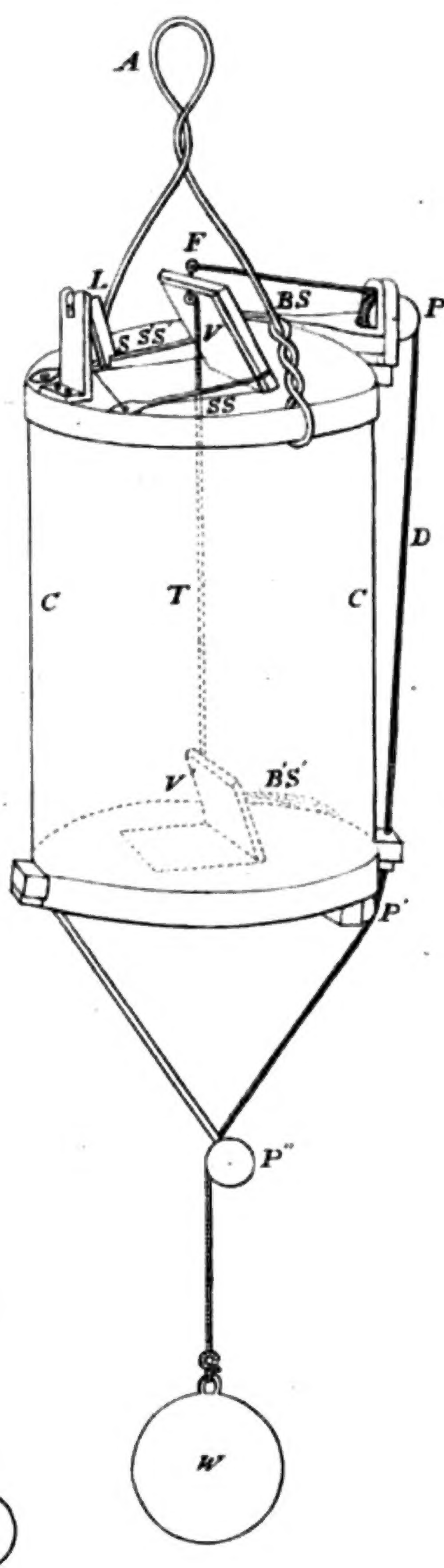
bringt es auf diese Weise in den Meſscylinder. Operirt man mit Quecksilber und will man dabei mit einer geringen Quantität dieser Flüssigkeit ausreichen, so kittet man den aufstehenden Schenkel der Leitungsröhre in einen Cylinder von Holz, welcher fast den ganzen innern Raum des Meſscylinders ausfüllt, aber dennoch frei in demselben beweglich bleibt. Endlich kann man zwar die im Meſscylinder enthaltene Gasart durch die Leitungsröhre G zu weiterer Untersuchung wieder austreiben, allein diese Operation ist unsicher, und der Apparat wird daher vollkommener, wenn man den Boden des Meſscylinders mit einem Hahnstück F versieht, in welches die gehörig gebogene Röhre C gekittet ist, aus welcher man die erforderliche, durch Oeffnen des Hahns regulirte Quantität Gas herauslassen kann.

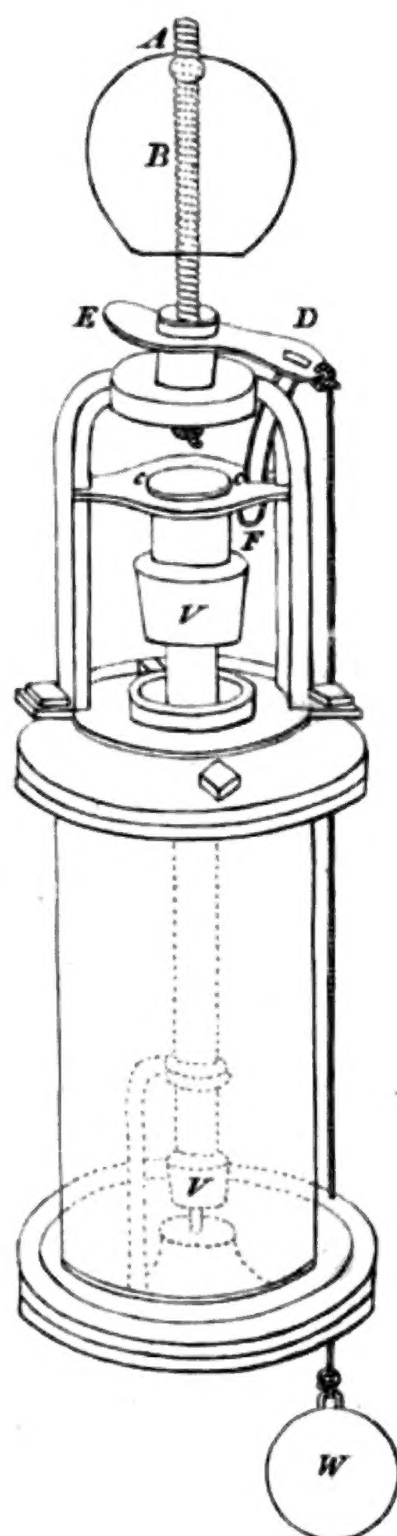
M.

Ende des sechsten Bandes.

Druck von C. P. Melzer in Leipzig.







Ant. Karcher sc.